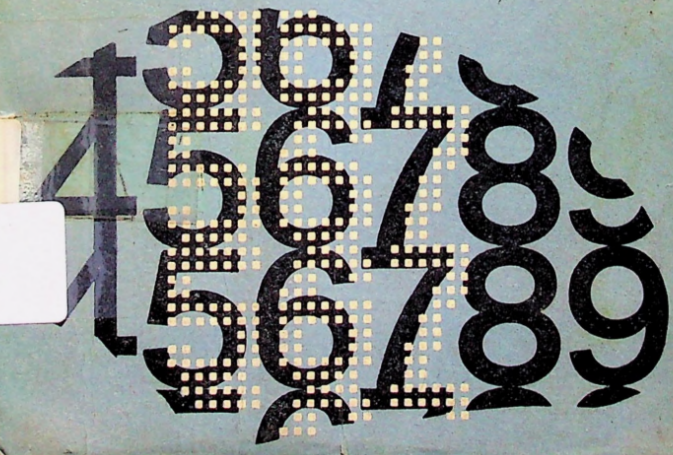
Ilia B. Novik

Sociología Filosofía Cibernética

Editorial Platina



Colección

Hechos, Ideas y Ciencia

SOCIOLOGIA, FILOSOFIA Y CIBERNETICA

ILIA B. NOVIK

El peor arquitecto se diferencia de la mejor abeja por el mero hecho de que, antes de construir una casa, la concibe en su cerebro. Así definió Marx la particularidad de la actividad humana. A diferencia de los animales, el hombre subordina y adapta el medio a sus necesidades, trasforma las condiciones de acuerdo con un plan, es decir, las dirige.

Pero sólo al aparecer la cibernética se creó una teoría científica para buscar la mejor vía que permita la dirección, o como suele decirse, la optimación de la dirección y, al mismo tiempo, los sistemas capaces de realizar los procesos de dirección que antes sólo estaban al alcance del hombre: las llamadas "máquinas pensantes".

En la obra de I. Novik, conocido ya por sus artículos sobre cibernética, se intenta analizar en forma sistemática los problemas sociológicos y filosóficos de esta disciplina científica en impetuoso desarrollo. El libro plantea, sobre la base de un rico material documental, una interesante interpretación de varios problemas. El autor subraya que los aspectos más

140

Colección/Hechos, Ideas y Ciencia

Sociología, Filosofía y Cibernética

007-67

aherrética

R-181

Ilía B. Novik

Sociología, Filosofía y Cibernética

Libro 77418

UNIVERSIDAD DE OVIEDO
Seminario de Filosofía
Armario I Estante 440-197 1 15

Editorial Platina Buenos Aires

Título del original ruso:
Kibernictika. Filosofskie i sotsiologuicheskie probliemi
Gospolitizdat, 1963 - Moscú

Traducción directa del ruso:
Salomón Merener

Tapa:
Carmelo Camarano

Libro de Edición Argentina
© Editorial Platina, 1965
Paso 424, 6.° piso, Buenos Aires
Queda hecho el depósito que previene la ley 11.723

INTRODUCCION

En nuestra época es cada vez más importante el papel de la ciencia en la vida de la sociedad. Esta ley del desarrollo social se basa en el hecho de que "La humanidad va entrando en el período de una revolución técnico-científica, relacionada con el dominio de la energía nuclear, la conquista del cosmos, el desarrollo de la química, la automatización de la producción y otras importantísimas realizaciones de la ciencia y la técnica. Pero las relaciones de producción del capitalismo son demasiado estrechas para una revolución técnico-científica. Unicamente el socialismo puede llevar a cabo esa revolución y emplear los frutos de la misma en bien de la sociedad" [1].

Para realizar las grandiosas tareas que debe afrontar la ciencia durante el tránsito al comunismo, es necesario interpretar con criterio materialista dialéctico los resultados y perspectivas del conocimiento científico. No es casual que en el Programa del PCUS se asigne particular importancia al estudio de los problemas filosóficos de las ciencias naturales. El criterio leninista sobre la unión de las ciencias naturales y la filosofía tiene hoy plena actualidad.

Una de las características que presenta el progreso del conocimiento científico en la segunda mitad del siglo XX es el surgimiento y desarrollo de una nueva disciplina: la cibernética. El impetuoso avance de esta ciencia durante los últimos años, sus notables conquistas y sus perspectivas verdaderamente fantásticas, despiertan creciente interés.

En la bibliografía mundial aún no existe un curso sistemático especializado ni popular sobre la materia. Sin embargo, el conjunto de problemas inherentes a esta ciencia ya ha sido definido en sus

1 *Programa del PCUS*, del libro *XXII Congreso del PCUS*, Ed. Anteo, Bs. As., 1962, pág. 431. (*Ed.*).

rasgos fundamentales. La Unión Soviética ocupa un lugar destacado en el mundo en lo que respecta al desarrollo de la cibernética. Los dispositivos cibernéticos más complicados se incorporan cada vez más a la producción automatizada, hecho que implica, en el régimen socialista, aliviar el trabajo del hombre y elevar la productividad. La automatización de la producción es el medio decisivo para asegurar el progreso técnico en el período de transición del socialismo al comunismo. Por consiguiente, cabe a la cibernética un papel esencial en la creación de la base técnica y material del comunismo. Por ello, en el programa del PCUS, aprobado en el histórico XXII Congreso, se afirma:

"Serán aplicadas en vasta escala la cibernética y las instalaciones electrónicas de cálculo y dirección en los procesos productivos de la industria, la construcción y el trasporte, en las investigaciones científicas, en la confección y preparación de planos y proyectos, así como en la esfera del cálculo y la administración" [2].

Es indudable que un hecho esencial como el nacimiento de una nuevas ciencia debe tener importantes consecuencias para la filosofía. Por esa razón, el surgimiento y desarrollo de la cibernética suscitaron el planteo y la solución de múltiples problemas filosóficos y sociológicos, analizados en la literatura especializada y filosófica. Apenas surgida, la cibernética se convirtió en objeto de encarnizadas disputas, y la lucha se libró en torno de los problemas filosóficos relacionados con ella. Según la aguda observación del neurofisiólogo inglés Grey Walters, al referirse a los primeros pasos de la nueva ciencia, "cibernética es una palabra que para algunos significa todo, y para otros nada" [3].

Los filósofos reaccionarios de los países capitalistas intentaron en seguida interpretar la cibernética con espíritu místico. Con tal orientación, E. Wasmuth, filósofo de Alemania occidental, escribió uno de los primeros libros sobre los problemas filosóficos de esta ciencia: El hombre y la máquina pensante *en el cual señala la naturaleza mística y divina de la información.*

No puede sorprendernos tal enfoque francamente reaccionario de la nueva ciencia en la etapa del imperialismo agonizante. Ya Lenin, en Materialismo y empiriocriticismo, *mostró con mucha claridad que, bajo el imperialismo, el progreso de la ciencia hace surgir*

2 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 473.

3 "Cibernetics. Circular causal and feedback mechanism in biological and cosial systems", *Transactions of the tenth conference*, N. Y., 1955, pág. 19.

tentativas reaccionarias. Sin embargo, en nuestra época la influencia de estas abiertas tergiversaciones místicas de la ciencia no pueden ser decisivas. Según la expresión del académico A. Kolmogórov, en los países capitalistas está muy difundido el "sensacionalismo de la propaganda" en torno de la cibernética, con el que se pretende presentarla como una panacea para librar al capitalismo de todos sus incurables males. Pero este enfoque sensacional de la nueva ciencia tampoco puede causar sorpresa: el mundo agonizante del capitalismo se aferra a cualquier utopía social, tal como el concepto de "segunda revolución industrial", relacionada con la automatización de la producción, y que sería capaz de "rejuvenecer" al capitalismo. El Programa del PCUS desenmascara este tipo de falsificaciones, afirmando: "La automatización capitalista arrebata al obrero su pedazo de pan: crece la desocupación y baja el nivel de vida" [4].

El desarrollo de la cibernética en el socialismo tiene consecuencias sociales opuestas por principio, dado que constituye la base teórica para la automatización de la producción, y la "automatización y la mecanización múltiples son la base material de la trasformación paulatina del trabajo socialista en trabajo comunista" [5].

Gracias a la vasta labor de científicos soviéticos e investigadores progresistas del extranjero se logró elaborar en forma detallada y objetiva los resultados reales obtenidos por la cibernética, como también las perspectivas de su futuro desarrollo. Como conclusión de ese trabajo se puso de manifiesto el carácter reaccionario y la absoluta falta de fundamento de las especulaciones místicas e idealistas en el campo de la cibernética y se censuró duramente el "sensacionalismo de la propaganda" que acompañó y sigue acompañando su desarrollo en los países capitalistas. Fue de suma importancia para la nueva ciencia el hecho de que se pusiera al descubierto en forma rigurosa el enfoque dogmático y vulgar de la misma, característico de algunos autores soviéticos durante el período del culto de la personalidad.

Los científicos soviéticos sumaron su valioso aporte al desarrollo de la cibernética. Se organizó un Consejo de cibernética, adjunto al Presidium d la Academia de Ciencias de la URSS; en la Academia de Ciencias de la URSS de Georgia y la Academia de Ciencias de la URSS de Ucrania fueron inaugurados los primeros institutos de la especialidad en nuestro país. Gracias a los trabajos de los aca-

4 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 431.
5 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 469.

démicos A. Berg, S. Sóbolev y A. Kolmogórov, de V. Grushkov miembro de la Academia de Ciencias de la URSS de Ucrania, A. Márkov miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, P. Anojin miembro de número de la Academia de Ciencias Médicas, de los profesores A. Liapunov, S. Ianóvskaia, E. Kolman, L. de Broglie (Francia) y otros autores, no sólo se superaron las tergiversaciones idealistas e ingenuas sino que se elaboraron los principios metodológicos del desarrollo de la joven ciencia.

En nuestro país se abren enormes perspectivas y posibilidades para la cibernética, pero a la vez son múltiples y complejas las tareas que ésta deberá afrontar. Es posible que para resolverlas resulte importante el análisis de los problemas filosóficos conexos. No es, pues, casual que destacados investigadores concentren su atención en los aspectos filosóficos y metodológicos.

Para una ciencia como la cibernética es muy importante y actual el análisis del aspecto filosófico de sus resultados, lo que se explica por dos circunstancias. En primer lugar, dado que la cibernética surgió ante nuestros ojos y muchos de sus conceptos fundamentales aún no fueron precisados, el análisis filosófico puede prestar valiosa ayuda para constituir esta ciencia como disciplina integral con un sistema de conceptos propios, distintos de los de otras ciencias, y un método específico de abordar la realidad. En segundo término, como veremos después con más detalle, lo específico de los problemas de la cibernética (que aporta, por ejemplo, nuevos datos al problema de la conciencia) es su particular afinidad con las cuestiones filosóficas.

Después del histórico XXII Congreso del PCUS adquirió renovado impulso la investigación filosófica en el campo de la cibernética, que contribuye a consolidar el esfuerzo creador conjunto, de filósofos, representantes de las ciencias sociales y de las ciencias naturales. Aunque el estudio de los problemas filosóficos de la cibernética ha logrado resultados positivos de la mayor importancia, en nuestra literatura filosófica aún no se examinó en forma sistemática *la significación que tienen sus conquistas para la filosofía. Por otra parte, ya superadas las principales tergiversaciones teóricas en este terreno, pasa a primer plano la necesidad de valorar* positivamente, *con un enfoque materialista dialéctico, las conclusiones obtenidas por la cibernética. En este trabajo se intenta sistematizar en cierta medida los elementos reunidos al examinar algunos de sus problemas filosóficos básicos.*

El autor expresa su reconocimiento al académico A. Berg y a

V. Siforov, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, por las valiosas observaciones que le formularon durante la elaboración del trabajo que sometemos a la consideración del lector [c].

[c] Así, por ejemplo, en la obra de G. Klaus, *Kybernetik in philosophischer Sicht* (Berlín, 1961) se considera la cibernética a la luz del materialismo dialéctico, analizándose con particular atención el nexo existente entre los resultados de la cibernética y los problemas filosóficos fundamentales.

Capítulo I

CIENCIAS DE LOS SISTEMAS DE DIRECCION

Conviene iniciar la consideración de los problemas filosóficos de la cibernética por el análisis de las condiciones y causas de su surgimiento. Ello permitirá revelar con más nitidez los aspectos esenciales de la cibernética y caracterizar en forma general su problemática filosófica. Pero no nos limitaremos a presentar las premisas filosóficas de la cibernética, sino que dedicaremos especial atención a las circunstancias sociales de su nacimiento.

1. Surgimiento de la cibernética.

Las condiciones que prepararon el nacimiento de la cibernética pueden clasificarse en tres grupos: condiciones sociales, premisas técnico-científicas y fuentes históricas.

Comenzaremos por analizar las circunstancias sociales en que se originó la cibernética.

Surgiendo del reino animal, el hombre cumple una interacción dinámica con el mundo exterior. A diferencia de los animales, que sólo se adaptan en forma pasiva a las condiciones del medio externo, el hombre las modifica activamente, las subordina a sus fines e intereses en el curso del trabajo.

Una característica peculiar del trabajo humano es su naturaleza dirigida hacia un fin. Sin embargo, los hombres no alcanzaron de una sola vez el grado de organización y efectividad del proceso laboral que podemos observar en la actualidad.

Si consideramos las operaciones productivas realizadas por el hombre primitivo, que labraba la tierra con la azada, vemos que esa actividad es aún muy imperfecta, subordinada a toda clase

de contigencias, y, por cierto, poco eficaz. Pero al analizar la labor del artesano medieval, que eleva el trabajo manual a estadios muy perfeccionados, se comprueba hasta qué punto éste se torna eficiente y organizado en comparación con los procesos laborales de épocas más antiguas.

No obstante, el progreso del trabajo manual no podía determinar cambios cualitativos en el carácter del trabajo humano.

Es evidente que el perfeccionamiento del trabajo del hombre se ve limitado por las posibilidades fisiológicas de sus músculos y su sistema nervioso. Por ese motivo, sólo cuando los instrumentos manuales empezaron a ser remplazados por las máquinas el proceso laboral comenzó a perfeccionarse a un ritmo incomparablemente más veloz.

El desarrollo de la producción maquinizada, en la segunda mitad del siglo XVIII, fue la base de cambios profundos revolucionarios en la historia humana, que determinaron la sustitución del feudalismo por el modo capitalista de producción. No es casual que el período de fines del siglo XVIII y comienzos del XIX se denomine época de la revolución industrial.

La fábrica, como sistema de máquinas elevó más aún la productividad del trabajo. Con la aplicación de las máquinas se modificó también el papel del hombre en el ciclo de producción; el hombre empezó a atender las máquinas. En la producción maquinizada, las acciones físicas del hombre son un factor imprescindible. ¿Cuál es, pues, el papel de estas acciones? Se reducen en lo fundamental a la función de dirigir la máquina. Sin embargo, mucho antes de la revolución industrial y de que surgiera la producción maquinizada, se conocían dispositivos que funcionaban sin la participación directa del hombre. Estos sistemas autodirigidos, llamados autómatas, se construyeron por primera vez durante el régimen de la esclavitud.

La historia de la técnica registra abundante información sobre la construcción de todo tipo de sistemas automáticos. Figuran entre ellos los aparatos automáticos del sabio alejandrino Herón (siglo II antes de nuestra era), los célebres autómatas del mecánico francés Vaucanson (siglo XVIII), y muchos otros mecanismos análogos [1].

Pero antes de que se desarrollara la producción maquinizada,

1 La historia del desarrollo de los autómatas figura en el trabajo de M. Gaaze-Rapoport *Autómatas y organismos vivos*, Moscú, 1961.

los diversos sistemas automáticos no podían ser incorporados al proceso de producción. El problema de automatizar la producción sólo surge en la etapa maquinizada. Pero también en este caso aparece como una necesidad técnica real sólo a mediados del siglo XX, cuando el desarrollo de la gran industria maquinizada alcanza sus estadios superiores, y cuando en la máquina, que es la unidad de tres elementos básicos —motor, trasmisión y mecanismo de trabajo—, aparece un cuarto elemento: el dispositivo de dirección.

Por consiguiente, al automatizar los procesos de producción se maquiniza la función misma de dirigir la producción, con lo que se logra un ascenso gigantesco de su eficiencia. En la producción automatizada se manifiesta las formas más elevadas de efectividad y organización del proceso de trabajo.

La necesidad técnica de mecanizar el control de la producción debía plantear por fuerza nuevos problemas a la teoría científica. Y cuando en la sociedad surge una necesidad técnica, ésta, según la expresión de Engels, hace adelantar a la ciencia más que una docena de universidades. En respuesta a esa exigencia de la técnica nació la ciencia de los procesos de dirección. Por consiguiente, la principal condición social que contribuyó al surgimiento de la cibernética fue la necesidad de automatizar la producción.

El ascenso del nivel de organización se observa hoy, no sólo en los procesos de producción, sino también en todos los dominios de la vida de la sociedad socialista. La racionalización del ciclo laboral único se combina aquí con la planificación de todo el desarrollo social.

Por contraste, en los países en que aún subsiste el capitalismo se agudiza cada vez más el carácter caótico del proceso social. En el imperialismo la "regulación" estatal de la vida social, tan ensalzada por los revisionistas de todos los matices, sólo expresa la dominación y dictadura del capitalismo monopolista de Estado. La transición a esta etapa no introdujo principio alguno de orden en la sociedad burguesa; por el contrario, exacerbó aún más la anarquía de la producción y la arbitrariedad de los magnates imperialistas.

Pero en nuestra época, la naturaleza caótica del capitalismo ya no puede determinar el carácter de todo el proceso histórico mundial. El sistema socialista no sólo liberó a las masas trabajadoras en los países que tomaron esa senda, liquidando la explotación, la desocupación y otras manifestaciones análogas de la na-

turaleza caótica del capitalismo: también ejerce una influencia ordenadora en todo el desarrollo de la humanidad. Como se destaca en el Programa del PCUS, "el contenido principal, la dirección principal y las principales peculiaridades del desarrollo histórico de la humanidad los determina el sistema socialista mundial y las fuerzas que luchan contra el imperialismo, por la reorganización socialista de la sociedad"[2].

En el desarrollo histórico contemporáneo en su conjunto adquieren predominio los elementos de organización, fundados en el sistema socialista mundial, en las fuerzas que luchan contra el imperialismo y se oponen con éxito a sus tendencias caóticas y aventureras. En este sentido es suficiente señalar que la guerra mundial, expresión de la índole caótica del imperialismo, puede ser prevenida en nuestra época por "los esfuerzos unidos del poderoso campo socialista, de los Estados pacíficos no socialistas, de la clase obrera internacional y de todas las fuerzas que defienden la paz"[3].

Ante la creciente importancia del sistema socialista mundial, fundado en el principio de planificación, al aproximarse el triunfo del socialismo en escala mundial, y en la época de impetuosa construcción del comunismo en nuestro país, se destacan en primer plano las tareas de organización y control. Para solucionar en la práctica esta tarea es imprescindible analizarla y estudiarla en forma sistemática. El grandioso proceso, por el cual el socialismo se trasforma en comunismo, crea la base propicia para que se desarrolle la ciencia de la dirección.

Así como en la remota antigüedad, en cierta etapa del desarrollo social adquirió suma importancia la operación de medición y la categoría de cantidad pasó al primer plano del conocimiento, dando origen a la matemática, que hoy penetra todos los aspectos del saber, en nuestra época se destacan cada vez más los procesos de dirección, y como resultado surge la cibernética, que estudia sus rasgos más generales. Como se demostrará más adelante, lo más característico de esta nueva ciencia es la unidad de los conceptos de cantidad y dirección.

Como toda analogía, esta tesis por cierto, no puede tener carácter absoluto. Sin embargo, es preciso destacar el hecho fundamental de que el papel creciente de los procesos de dirección en la práctica social crea la necesidad objetiva de formular diversos

2 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 429.
3 *Programa del PCUS*, ed. cit.

problemas teóricos, con lo que se llega al surgimiento de una nueva disciplina científica, la cibernética. Según la feliz expresión del profesor N. Bernstein, quien destaca que a la par con los procesos energéticos aumenta la importancia de los procesos de dirección, "el problema del «jinete» empezó a predominar sobre el del «caballo»" [4].

Las premisas de la producción social que provocaron la necesidad objetiva de la ciencia de la dirección ejercieron una influencia determinante en el proceso de surgimiento y desarrollo de la cibernética en su conjunto. Pero los aspectos concretos de este proceso se pueden poner de manifiesto al analizar las premisas técnico-científicas y teóricas de la cibernética, desarrollados a partir de diversas ramas de las ciencias naturales y la técnica de distintos países [5].

Entre las condiciones técnico-científicas del nacimiento de la cibernética se puede señalar en primer término el descubrimiento de la radiotelefonía por el gran científico ruso Popov, en 1895. El progreso de la radiotecnia permitió intensificar y acelerar la trasmisión de las informaciones en proporciones inconmensurables. La práctica de la radiotecnia fue la base para que se enriqueciera la teoría de la información, parte fundamental de la cibernética.

Otro antecedente técnico-científico de la cibernética fue el desarrollo de la radioelectrónica, que siguió al descubrimiento de la radiotelefonía. Sin los modernos dispositivos electrónicos no hubiera podido lograrse la rapidez de las comunicaciones, condición previa y determinante para perfeccionar los procesos de dirección. En el próximo capítulo veremos con más detalle los avances de los medios de comunicación. Aquí sólo destacamos que carecería por cierto de toda perspectiva construir dispositivos de dirección perfectos si no fuera posible trasmitir sus impulsos con suficiente velocidad a los sistemas dirigidos.

La segunda condición técnico-científica decisiva fue el perfeccionamiento de las calculadoras electrónicas. Los dispositivos mecánicos de cálculo aparecieron en el siglo XVII (aritmómetro de Blas Pascal), pero sus posibilidades (por ejemplo, la cantidad de operaciones por segundo) no resisten comparación alguna con

4 *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 6, pág. 78.

5 En la obra de Z. Roguinski, A. Uiómov, E. Uiómova, *Máquina y pensamiento*, (Gospolitizdat, 1960) figura una exposición muy completa de las premisas teóricas de la cibernética.

las máquinas electrónicas modernas. En la calculadora electrónica (la primera fue construida en 1944 por el científico norteamericano Vannover Bush) se utiliza una propiedad fundamental de las lámparas electrónicas: su capacidad de hallarse en un solo estado entre dos posibles, conectada o desconectada. Esta propiedad se expresa con el principio de "todo o nada", que, como veremos después, desempeña un gran papel en la cibernética.

El principio de "todo o nada" permite utilizar en las calculadoras electrónicas el cálculo binario (el más simple, que utiliza sólo dos signos. 0 y 1). Ya en el trabajo original de McCulloch y W. Pitts (1943) se estableció la significación de este principio para la cibernética. Puede afirmarse que en él se fundamentó el aspecto neurofisiológico de la cibernética, y que, junto con los estudios de N. Wiener y A. Rosenblut, tuvo una importancia primordial en lo que respecta a los principios iniciales de la nueva ciencia.

En cuanto a las ciencias naturales, las bases teóricas de la cibernética están vinculadas con dos grupos de ciencias, y, en primer lugar, con el progreso de la física y las matemáticas.

El desarrollo de la física estadística a fines del siglo XIX (trabajos de L. Boltzman y J. Gibbs) tuvo gran influencia en el surgimiento de la idea de la cibernética. Fue el punto de partida para fundar el concepto de causalidad estadística, que se desarrolló posteriormente en la microfísica contemporánea. Las categorías de la física estadística son de extraordinaria significación para elaborar las tareas actuales de la dirección, y sobre todo para la teoría de la información.

Los trabajos sobre teoría de las probabilidades también contribuyeron en gran medida a la fundamentación teórica de la nueva ciencia. En este terreno son universalmente reconocidos los méritos de los matemáticos soviéticos. Así, N. Wiener, uno de los fundadores de la cibernética destaca en particular las obras fundamentales de A. Kolmogórov, N. Krilov y N. Bogoliúbov [6].

Otra orientación de las ciencias físico-matemáticas que creó

6 Al caracterizar estos trabajos N. Wiener señala (ver *Cibernética, o dirección y comunicación en el animal y la máquina*, Moscú, 1958; trad. del inglés: *Cybernetics or control and communication in the animal and the machine*), que en ellos la medida que permanece invariable en determinado grupo de trasformaciones no se da de antemano, sino que se determina directamente en el mismo grupo de trasformaciones. Esos grupos de trasformaciones que "se dan a sí mismas" la propia medida son, evidentemente, el modelo matemático de los sistemas cibernéticos de control automático.

la base teórica de la cibernética es la lógica matemática, la cual elaboró en particular la doctrina del algoritmo (el que, según la definición del miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, A. Márkov, es "una prescripción exacta que determina el proceso del cálculo, y que a partir de distintos datos iniciales conduce hacia el resultado buscado") y que amplió extensamente la matemática del cálculo.

Un segundo grupo de ideas que preparó el desarrollo de la cibernética se funda en el progreso de las ciencias biológicas. En este punto todos los autores reconocen el papel decisivo de los trabajos realizados por la escuela de Pávlov, a quien mencionan en repetidas ocasiones N. Wiener, W. Ashby y otros autores de obras fundamentales sobre la materia.

Los trabajos de Pávlov permitieron elaborar un método objetivo para investigar los procesos mediante los cuales el sistema nervioso central dirige la actividad del organismo. Los éxitos obtenidos al estudiar la actividad nerviosa superior de los animales y del hombre crearon las condiciones necesarias para intentar la reproducción de algunos procesos psíquicos en modelos tecnológicos. Constituyeron una notable contribución a la cibernética los métodos físico-químicos de investigación del metabolismo, que revelaron los mecanismos por los cuales el organismo vivo mantiene su equilibrio con las cambiantes condiciones del medio externo.

Las ideas teóricas mencionadas crearon un terreno propicio para el trabajo exitoso de los profesores N. Wiener y A. Rosenblut, cuyo resultado fue la formulación de diversos principios básicos de la cibernética. Esta, en consecuencia surgió de una compleja asociación de condiciones sociales, y conquistas en el campo de la teoría y las ciencias naturales.

Entre los antecedentes teóricos de origen y desarrollo de la cibernética corresponde un importante papel a los principios filosóficos y metodológicos, que analizaremos en el parágrafo siguiente.

2. *Caracteres generales de los problemas filosóficos de la cibernética*

Al considerar las concepciones metodológicas que contribuyeron a formar la cibernética expondremos en forma más completa los caracteres generales de los problemas filosóficos que ella plantea. Al referirse a su período embrionario, Wiener destaca los resultados fecundos de las discusiones sobre el método científico, or-

ganizadas regularmente por Rosenblut en la Escuela de Medicina de Harvard. Recordando el clima de esas reuniones, dice Wiener: "...algún miembro de nuestro grupo o un huésped presentaba un informe sobre determinado tema científico, y por lo general los problemas metodológicos aparecían en primer plano, o por lo menos en un lugar destacado"[7].

Wiener analiza la metodología de la ciencia y observa que la creciente especialización de las ciencias naturales implica grandes riesgos, debidos al aislamiento de los especialistas dedicados a sus diversas ramas. En esa atomización de las ciencias, los grandes descubrimientos se fundan en las comunicaciones que se abren entre las mismas. "Tales zonas limítrofes de la ciencia abren las más amplias posibilidades para el investigador adecuadamente preparado"[8], dice Wiener. Es esta una generalización dialéctica muy profunda de las tendencias que se manifiestan en el desarrollo del conocimiento científico. Engels ya formuló esta idea en el siglo pasado. En *Dialéctica de la naturaleza,* señaló que "precisamente en los puntos de contacto de las ciencias es donde *hay que esperar los mayores resultados*"[9].

Tal coincidencia de puntos de vista no es casual. Se funda en que la propia lógica del desarrollo de la ciencia lleva a los grandes científicos, pese a las posiciones filosóficas que sostienen concientemente, a reconocer de modo espontáneo las ideas del materialismo dialéctico. Wiener atribuía una importancia fundamental a la tesis sobre las posibilidades que existen en las zonas de contacto de las ciencias. A partir de ese fundamento pudo formular la notable conclusión de que "hay campos del trabajo científico que son estudiados desde ángulos diversos por la matemática pura, la estadística, la electrotecnia y la neurofisiología"[10].

Como es sabido tal es el campo de la cibernética. Para dar un fundamento más profundo a sus ideas, Wiener recurre con frecuencia a la historia del proceso del conocimiento, sobre todo a la del pensamiento filosófico. Subraya en particular el enciclopedismo del filósofo alemán Leibniz y sentencia qeu si fuera necesario designar al "santo" de la cibernética, la elección recaería en Leibniz.

El análisis de los supuestos filosóficos facilitó a Wiener la

7 N. Wiener, *Cibernética,* pág. 11.
8 *Ibíd.,* pág. 13.
9 Ver: F. Engels, *Dialéctica de la naturaleza.*
10 N. Wiener, *Cibernética,* pág. 12.

tarea de fundamentar la tesis central de la cibernética: la existencia de ciertos caracteres comunes a las máquinas, los organismos y el hombre.

Sólo la filosofía del materialismo dialéctico, con su doctrina sobre la unidad del mundo material, puede ofrecer una auténtica base científica para esa comunidad de caracteres. En Wiener se encuentra la convicción espontánea del naturalista en cuanto a la unidad del mundo material, a la posibilidad de conocer todos los fenómenos de la naturaleza, incluidos los psíquicos. Como indica la experiencia del desarrollo del conocimiento científico, semejante posición filosófica presenta, debido a su espontaneidad, debilidades esenciales; más adelante nos detendremos en algunas de ellas. Sin embargo, sería desde todo punto de vista erróneo no señalar los elementos fecundos de tal concepción, que fue el fundamento teórico para investigar los problemas específicos más complejos.

El análisis de las premisas metodológicas que desempeñaron un papel esencial en los orígenes de la cibernética nos permite inferir dos conclusiones.

En primer lugar, la historia de esta ciencia, como de cualquier otra, refuta una vez más a los positivistas, en cuanto afirman que las premisas filosóficas y metodológicas generales (a las que califican de "metafísicas") son innecesarias para las ciencias naturales. Durante el desarrollo de la cibernética, las premisas filosóficas "trabajaron" directamente vinculándose de manera orgánica con la trama de las ideas teóricas de la nueva ciencia.

En segundo lugar, esas premisas filosóficas, aparecen en la obra de los fundadores más destacados de la cibernética, con un contenido materialista y dialéctico espontáneo. Ello basta para inferir que si las ideas dialécticas y materialistas espontáneas tuvieron un papel tan positivo en la formación de la cibernética, no puede haber dudas con relación a la fecundidad de las concepciones materialistas dialécticas concientes en este dominio del conocimiento científico.

Para reforzar esta posición es preciso revelar el verdadero sentido filosófico de las conquistas de la cibernética. Para ello hay que librar una lucha en dos frentes: contra la interpretación mística e idealista de los resultados de la cibernética y contra su tergiversación metafísica ingenua.

La cibernética impulsó el conocimiento en la esfera de los procesos para los que es esencial el papel de la información, reveló algunos métodos objetivos de investigación de tales procesos y el

modo de dominarlos. No obstante, abundan las tentativas de interpretar la información como una especie de místico "principio divino", inaccesible al razonamiento humano. Así, por ejemplo, E. Wasmuth, filósofo idealista de Alemania occidental, en su libro *El hombre y la máquina pensante*, cumple una tentativa de ese tipo. Convencido de la orientación materialista de la cibernética, que ayuda a investigar de modo más profundo los procesos psíquicos, formula un llamado de atención contra la "doctrina de la técnica avanzada llamada cibernética" [11]. Es muy característica su apreciación notablemente negativa de la cibernética. Semejantes concepciones idealistas y anticientíficas desembozadas no pueden ejercer hoy una influencia decisiva entre los científicos.

No son menos nocivas para el desarrollo de la cibernética las posiciones ingenuas con sus dos extremos que forman una trampa común: las vanas negaciones de los resultados y conquistas de esta ciencia y el enfoque sensacional de la misma. La lucha decidida contra las tergiversaciones idealistas y metafísicas en la cibernética como en cualquier ciencia, sigue siendo una importante tarea para nosotros.

Sin embargo, la labor filosófica en el campo de la cibernética debe dedicarse ahora, principalmente, a esclarecer los problemas metodológicos de esta nueva disciplina científica que se desarrolla en forma vertiginosa.

La condición primordial para el éxito del trabajo filosófico en el campo de la cibernética es el correcto planteamiento y formulación de sus problemas metodológicos. Hace ya algunos años se preguntó con insistencia si la cibernética es una "ciencia idealista" como si pudiera existir una ciencia de esa índole. Lamentablemente surgían numerosos seudoproblemas análogos, y al aclararlos se dejaban a un lado los aspectos filosóficos de importancia real, que sugería el desarrollo de la joven ciencia, trabándose así las investigaciones científicas en este dominio.

La segunda condición esencial para la investigación filosófica vinculada con la cibernética es el enfoque integral de sus problemas, la necesidad de analizar sus aspectos metodológicos en su interconexión orgánica y desde un punto de vista unitario en cuanto a los principios. Tal enfoque demuestra que es infundado abstraer un problema de su contexto general, porque se corre el riesgo de convertirlo en algo absoluto. Así, por ejemplo, en al-

[11] E. Wasmuth, *Der Mensch und die Denkmaschine*. Köl-Olten, 1955, *S.* 9.

gunas obras se reducían todos los problemas filosóficos de ésta ciencia a un interrogante, formulado de manera poco rigurosa: ¿la máquina puede pensar?

La relación entre la actividad del cerebro y el trabajo de las máquinas electrónicas, planteada por el desarrollo de la cibernética, es de suma importancia, puesto que está estrechamente ligada con la forma histórica contemporánea en que se presenta uno de los problemas más profundos de la concepción del mundo: el de la conciencia humana y su vínculo con la materia. Debemos señalar que al enfocarlo tropezaremos a menudo con la insuficiencia de datos objetivos. No es arbitraria la suposición de A. Turing, según cuya opinión la polémica sobre las posibilidades de las máquinas se resolverá a comienzos del siglo próximo. El afán de solucionar a toda costa este problema en forma "definitiva", aunque sólo sea sobre una base especulativa, no puede traer sino resultados perjudiciales. Este esfuerzo conduce a uno de los dos extremos, mutuamente vinculados: se reúnen de manera especulativa los "caracteres" del hombre, que por principio son inaccesibles a las máquinas, o de igual modo, se construyen los "caracteres" de éstas, que determinan su capacidad para superar al hombre. Nuevos datos experimentales darán en el futuro elementos más profundos para resolver este problema. Sería falso anticipar todas las vías de investigación. Por ese motivo, no podemos estar de acuerdo con Ashby, quien afirmó en la conferencia sobre las *máquinas pensantes*, celebrada en California en 1961: "Podemos esperar que en los próximos diez años se consoliden las ideas que durante mucho tiempo determinarán el desarrollo de la ciencia sobre los mecanismos «análogos del cerebro»"[12].

Existen motivos para suponer que en los próximos años se superarán los extremos especulativos en la solución de este problema, y que sobre la base de los datos acumulados, quedará confirmado en todos sus aspectos el enfoque dialéctico. Después de reconocer que existen ciertas características comunes al hombre y a la máquina cibernética, este problema, como cualquier otro, debe ser resuelto concretamente sobre la base de nuevos materiales objetivos.

Llegamos así a la tercera condición fundamental del trabajo filosófico en el campo de la cibernética: debido al estado rudimentario en que se encuentran algunos de sus principios esencia-

12 *Radioelectrónica extranjera*, 1962, núm. 3, pág. 67.

les, y más aún su aplicación, es preciso ser muy reservado y cauto en su análisis metodológico. Así, por ejemplo, cuando la aplicación de la cibernética al análisis de los procesos sociales (en primer término a los económicos)apenas daba sus primeros, aunque muy alentadores pasos, en algunas obras de filosofía se expresaron de antemano ciertos juicios profundamente escépticos. Es evidente que esas dudas siempre apresuradas, carentes de espíritu creador, fundadas en la tesis de que "no sabemos qué puede resultar de todo esto", no son en modo alguno constructivas.

A nuestro juicio, los problemas filosóficos básicos de la cibernética están expuestos de modo correcto en el artículo del académico A. Berg intitulado *Algunos problemas de la cibernética*. "Los problemas filosóficos de la cibernética —dice— surgen cuando se trata de poner en claro el papel de esta disciplina en el sistema de las ciencias de la naturaleza y de la sociedad, la influencia de la técnica moderna en su desarrollo y la función que cabe a la cibernética en el desenvolvimiento de la ciencia y la técnica contemporáneas, en la construcción de la sociedad comunista. Entre esos problemas figuran también algunos de índole metodológica, sobre todo los vinculados con la aplicación de los métodos de la lógica y la matemática a la cibernética, por una parte, y de los métodos experimentales, por otra; el análisis materialista dialéctico de la esencia de sus conceptos fundamentales, como por ejemplo, los de «sistema de dirección», «información», etc., la crítica de las deformaciones idealistas en el campo de la cibernética, cuyo desarrollo real se cumple de acuerdo con los principios del materialismo dialéctico; las conclusiones filosóficas de ese desarrollo, en particular las que se refieren a la relación de causalidad y finalidad, contingencia y necesidad, entropía y organización, y otras categorías suficientemente generales"[13].

La realización de este programa de amplias investigaciones filosóficas, aportaría a nuestro juicio, notables beneficios al avance de la cibernética.

Los problemas filosóficos de la cibernética se pueden clasificar en dos grupos. En el primero figuran los que surgen al aclarar el contenido de sus categorías fundamentales (dirección, información, etc.), al interpretar su objeto, analizar las perspectivas

[13] *Voprosi Filosofi*, 1960, núm. 5.

de su desarrollo, el carácter de sus particularidades específicas y sus nexos con otras ciencias.

El segundo incluye los problemas planteados al esclarecer el sentido filosófico de los principales resultados de la cibernética, al analizar los rasgos específicos que presenta la aplicación de las categorías en el ámbito de esta ciencia, al considerar las conclusiones metodológicas generales que surgen de la misma, y cuya significación es válida para el proceso del conocimiento en su conjunto, y al investigar las consecuencias sociales que derivan de introducir las conquistas de la cibernética en el proceso de producción, en formaciones sociales opuestas: el capitalismo y el socialismo.

En conclusión debemos señalar que la cibernética, debido a las particularidades que le son propias, tiene en general un vínculo muy estrecho con la filosofía. Con frecuencia los problemas filosóficos de la cibernética no sólo son el resultado teórico de la investigación de las ciencias naturales, sino que se entrelazan con la trama misma de esas ciencias.

Esta peculiar afinidad de la cibernética y la filosofía se explica por diversas razones. En primer lugar, por el carácter sintético de los materiales de aquélla y porque engloba ciencias muy heterogéneas, antes muy alejadas unas de otras. El segundo factor es que la cibernética plantea en nuevas condiciones históricas, sobre una base distinta, y más rica en hechos objetivos, el importantísimo problema de la naturaleza de la conciencia, vinculado con la concepción del mundo, y da un fundamento natural a la solución materialista dialéctica del problema básico de la filosofía, demostrando que la conciencia es secundaria y derivada respecto de la materia, y destacando al mismo tiempo su actividad y la naturaleza objetiva de sus leyes. En tercer lugar, la cibernética se caracteriza por el enfoque extraordinariamente amplio del mundo: abarca los elementos del mundo inorgánico, los animales y el hombre. Pero los estudia desde un punto de vista específico y determinado sólo en lo que se refiere a los procesos de dirección y los nexos de información.

Al considerar el papel determinante que desempeñan en cibernética los procesos de dirección y optimación, nuestro análisis filosófico debe dedicarse a ellos en primer término.

3. Dirección y optimación

Diversas características de la producción moderna y del desarrollo social, como también las conquistas de las ciencias naturales, destacan actualmente la tarea de estudiar los procesos de dirección, y de estructurar la ciencia correspondiente. Pero al hablar de ella puede preguntarse cómo se desarrolla el conocimiento natural objetivo de un fenómeno como la dirección, que sólo está vinculado, al parecer, con la actividad subjetiva del hombre.

Resulta evidente que el punto de partida para el análisis filosófico de la cibernética es poner en claro la naturaleza objetiva del concepto de dirección o control. La categoría de dirección es un concepto muy amplio, que caracteriza en primer término algunas peculiaridades de la actividad humana. Al decir dirección, surge la conocida imagen histórica de los manuales escolares: Ramsés II dirige su carro de guerra. Nos hallamos aquí ante una de las formas más simples de dirección. Pero en general este fenómeno es muy heterogéneo. Decimos: el sistema nervioso dirige el desarrollo del organismo vivo, el trabajador dirige la maquinaria, el pueblo dirige el Estado, etc.

¿Qué es, pues la dirección? Se trata de un concepto de muy antiguo origen, cuyo rasgo fundamental es que no sólo se vincula con las particularidades de la actividad individual del hombre, sino principalmente con las de su vida social. No es casual que el término "cibernética" fuera propuesto en 1843 por el sabio francés Ampère, para denotar la ciencia de la dirección o gobierno del Estado. Y mucho antes el filósofo griego Platón extendió a la vida social el término "cibernética", que designaba al arte de timonear los navíos, tan importante para el desarrollo de la Grecia antigua.

En su forma más general, la dirección puede definirse como la regulación del sistema, es decir, el hecho de disponerlo de acuerdo con determinada ley objetiva que rige en un medio determinado. Esta fórmula implica enfocar la dirección en el plano del análisis de su objeto y caracteriza un aspecto esencial de los procesos de dirección, su universalidad, en el sentido de que pueden extenderse a objetos de cualquier naturaleza, puesto que no existe un campo que por principio no puede ser sometido a un ordenamiento. En el capítulo siguiente analizaremos otro aspecto fundamental del proceso de dirección: su unidad orgánica con la información.

El desarrollo de las formas de dirección y control automático

está vinculado con los sistemas dinámicos complejos. El perfeccionamiento del proceso de dirección está determinado por una forma tan importante de la dependencia causal como es la utilidad, y por una actividad tan compleja como la acción humana que supone un fin, porque los mismos fines son aptos para realizarse reflejan el curso de las leyes objetivas.

Se puede objetar que limitamos el concepto de dirección al vincularlo con el ordenamiento, ya que es posible una dirección relacionada con la destrucción (por ejemplo, el desmenuzamiento de un cristal). Sin embargo tales objeciones son infundadas por dos motivos. Primero, los hombres, en su trabajo productivo, destruyen para crear; la resultante de su actividad consiste en ordenar el medio natural y sus propias relaciones. Aunque, por cierto, la desorganización y la destrucción pueden incluirse como momentos en esa actividad de creación y ordenamiento. En segundo lugar, la significación reguladora de la dirección adquiere particular evidencia cuando se analiza un concepto fundamental en la cibernética, el de optimación.

Supongamos que tratamos de calentar una estufa, ésta comienza a apagarse, por lo que agregamos más leña (para mantener regularmente la llama destruimos, quemamos la leña): aquí se hace evidente cómo la destrucción está subordinada en la actividad humana al ordenamiento. La de la llama de la estufa es una regulación bastante primitiva. Los métodos modernos de la cibernética no sólo permiten regular un proceso destinado a cierto fin, sino conducirlo según un régimen óptimo, es decir, considerando los criterios cuantitativos que permiten equilibrar las acciones reguladoras.

Al caracterizar la dirección por su forma, se puede decir que es el proceso de conexión del sistema regulador y el regulado. Esta definición es muy semejante a la de la causalidad como nexo de dos fenómenos, causa y efecto. En verdad, entre los conceptos de comando y causalidad hay cierta semejanza. Sobre todo llama la atención que ambos conceptos sean antropomórficos, es decir, que estén vinculados por su origen con el análisis de la actividad humana. ¡Cuánto asombro se refleja en los ojos de un niño cuando advierte que puede dirigir sus manos! Engels señala que el concepto de causalidad surgió observando la actividad del hombre. Esto se puede aplicar en todo sentido a la dirección.

El carácter antropomórfico del concepto de "dirección" puede crear dificultades al analizar su contenido objetivo. Aunque no

deja de ser natural que numerosos conceptos científicos (los de trabajo, orden, ley, etc.), que caracterizan una amplia clase de procesos, sean antropomórficos por su contenido. El hombre, como sistema material, no puede ser separado de otros sistemas; no es ajeno a la naturaleza, forma con ella una unidad material, y por ello muchas propiedades que el hombre descubre mediante su actividad resultan también valederas en relación con toda la naturaleza.

El antropomorfismo es inherente a los conceptos de muchas ciencias, si bien es verdad que por el empleo prolongado de los mismos (ley, fuerza, etc.), hace que su naturaleza objetiva, se ponga de manifiesto con bastante claridad. Los elementos antropomórficos se revelan en la cibernética con mucha mayor intensidad que en otras ciencias, porque su peculiaridad consiste justamente en que muestra lo que hay en común, en ciertos aspectos, entre el hombre y algunos objetos naturales (animales) y los artificiales (máquinas).

En *Materialismo y empiriocriticismo* Lenin analizó en particular el origen antropomórfico de muchos conceptos científicos. Cita a Feuerbach, quien afirma en *Esencia de la religión,* que comparamos los fenómenos naturales con fenómenos humanos análogos, y que aplicamos, con el objeto de hacerlos más inteligibles expresiones y conceptos humanos como: el orden, la finalidad, la ley, obligados a ello por nuestro lenguaje. Lenin muestra el contenido objetivo de estos conceptos, citando a Feuerbach: "El orden, la finalidad, la ley no son más que palabras con ayuda de las cuales traduce el hombre en *su* lengua, para comprenderlas, las obras de la naturaleza; estas palabras no se hallan desprovistas de sentido ni de contenido objetivo (*nicht sinn— d. h. gegenstandlose Worte*); pero, sin embargo, es preciso distinguir el original de la traducción. El orden, la finalidad, la ley expresan en el sentido humano algo arbitrario" [14]. Al destacar la naturaleza contradictoria de este género de conceptos, su contenido objetivo y su aspecto antropomórfico dice Lenin: "De modo que Feuerbach reconoce en la naturaleza las leyes objetivas, la causalidad objetiva, que sólo con aproximada exactitud es reflejada por las representaciones humanas sobre el orden, la ley, etc." [15].

[14] Ver. V. Lenin, *Obras completas,* ed. Cartago, Bs. As., 1960, t. XIV, pág. 153.

[15] *Ibíd.,* pág. 153,

Esta profunda tesis de Lenin permite establecer el importante principio metodológico de que al analizar el concepto de comando, o la categoría de causalidad, es necesario hallar el contenido objetivo que existe tras la apariencia antropomórfica.

Al hablar de la semejanza entre los conceptos generales de causalidad y dirección también debemos señalar su diferencia. La causalidad es una forma del nexo objetivo por el cual un fenómeno (causa) *provoca,* da origen a otro (acción o efecto), mientras que en la dirección se trata de ordenar un sistema ya existente (es cierto que un sistema puede ser originado por otro, pero no es condición necesaria de la dirección).

Además, la dirección está vinculada con los procesos de ordenamiento, mientras que la causalidad existe también en los de desorganización: la desorganización de un sistema, el paso al estado de desorden, trascurre asimismo de acuerdo con el principio de causalidad. En tal sentido, el concepto de causalidad es más amplio que el comando. El nexo entre dirección y ordenamiento surge con toda evidencia en las definiciones del proceso de dirección que se encuentran en la bibliografía sobre el tema.

Así, el académico V. Trapéznikov, en el informe intitulado *Tarea de las ciencias técnicas en el desarrollo del comando automático y los medios técnicos de automatización,* define el comando como una acción correctora sobre el objeto vinculada con la variación de sus procesos materiales y energéticos [16]. De acuerdo con ello separa tres elementos en el proceso de dirección: 1) elección del curso deseado del proceso; 2) control del mismo; 3) acción sobre el sistema para asegurar su desarrollo en el sentido previsto.

Es más general la definición del académico Berg, para quien la dirección es el proceso por el cual un sistema dinámico complejo es trasferido a otro estado, mediante una acción ejercida sobre sus variables [17].

Ya señalamos que el concepto de dirección surgió antes que la cibernética. Es natural que se pregunte qué es lo específico en la dirección cibernética. Aquí se hace necesario distinguir cuatro

16 Véase *Sesión de la Academia de Ciencias de la URSS sobre problemas de automatización de la producción,* t. I, Moscú, 1957, pág. 38.

17 Véase *La cibernética al servicio del comunismo,* recopilación de artículos bajo la redacción del académico A. Berg, t. 1, Moscú-Leningrado, 1961, pág. 29.

particularidades que ahora expondremos de la manera más general, y que veremos en detalle más adelante.

1. La cibernética se caracteriza por el enfoque más general y abstracto de la dirección. Se basa en la forma universal de los procesos de dirección, prescindiendo de su contenido concreto.

Considera desde el punto de vista de la dirección los fenómenos más heterogéneos: la acción de los catalizadores sobre el curso del proceso químico, el papel de las enzimas (sustancias especiales que cumplen una importante función en la digestión) en el metabolismo, la orden de ataque del comando militar. Algunos lingüistas consideran inclusive a la gramática como un sistema de dirección.

El enfoque abstracto de la dirección permite generalizar este concepto [18]. Así, la cibernética habla de sistemas de control automático, o sea que se disponen por sí mismos de acuerdo con el estado del medio. Tales sistemas constituyen la base de la automatización de los procesos de dirección.

El modo abstracto en que la cibernética aborda la dirección se debe a que ésta no es la ciencia universal de la dirección, no agota todos los procesos de dirección *por su contenido*. En ella se hace hincapié en el estudio de las *formas* generales de esos procesos. Revelar su contenido es tarea específica e independiente de las investigaciones especiales. Así, afirmar que las enzimas dirigen el metabolismo, y el catalizador el curso de una reacción química, no nos exime de una investigación fisiológica y química especial.

Al considerar la dirección de los procesos sociales se pone claramente de manifiesto la necesidad de combinar el enfoque cibernético abstracto de la dirección, con el análisis del contenido de los fenómenos. La dirección social, en la sociedad de clases, tiene carácter político. En el socialismo, la ciencia de la dirección tiene como base las conquistas de la doctrina marxista-leninista, el papel dirigente del partido comunista en todos los aspectos de nuestra vida económica y cultural. La cibernética no puede abarcar toda la complejidad, de estos procesos; sólo permite poner de manifiesto algunos rasgos que caracterizan a la técnica según la

18 Al hablar de generalización del concepto nos referimos a una modificación de su contenido por la cual se conserva la esencia del concepto y, al mismo tiempo, éste cambia, extendiéndose a una esfera más amplia de fenómenos.

cual se organiza la dirección de la vida social [19]. Por consiguiente, la cibernética considera los aspectos más generales de la *forma* de los procesos de dirección de los sistemas dinámicos complejos y resuelve lo relativo a organizar la técnica de la dirección.

2. Lo característico de la teoría de la dirección anterior a la cibernética era que operaba en forma predominante con sistemas y leyes dinámicas simples.

La cibernética extiende el concepto de dirección al campo de los sistemas complejos y las leyes estáticas. Aquí debemos detenernos en un concepto de extraordinaria importancia para la cibernética, el del sistema dinámico complejo. Se denomina así al objeto real, cuyos elementos se encuentran al mismo tiempo en tal alto grado de cohesión y movilidad, que la modificación de uno de ellos determina la de todos los demás. No se incluyen por cierto en esta formulación todos los rasgos del sistema dinámico complejo. La investigación exhaustiva de la naturaleza de estos nuevos objetos materiales es una de las tareas principales de la filosofía y la cibernética. No es casual que los especialistas más destacados en la materia dediquen tanta atención al análisis de esos objetos.

John Neumann, en su libro *Teoría general y lógica de los autómatas*, considera el análisis lógico del sistema complejo, utilizando el criterio del llamado "procedimiento axiomático". Esta operación consta de tres etapas: en la primera el sistema complejo se examina como una suma de elementos simples; en la segunda se estudian esos elementos, y, por fin, en la tercera, se construye la cadena lógica de los elementos simples que forman el sistema complejo [20]. Resulta evidente que en este caso no puede evitarse una simplificación esencial, puesto que el sistema complejo es considerado como una suma de elementos simples. Pero este enfoque es perfectamente legítimo como primera aproximación al estudio de los sistemas que nos ocupan.

W. Ashby analiza con mucho detalle el problema del sistema complejo en *Introducción a la cibernética*. Destaca con justeza que en dicho sistema no sólo tenemos una suma compleja de elementos, sino un promedio estadístico, en el que surgen nuevas cuali-

19 Este hecho se destaca en el artículo de A. Berg "La cibernética y algunos problemas técnicos de la dirección de la economía nacional" (veáse *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 2).

20 Véase A. Turing, *¿La máquina puede pensar?*, Moscú, 1960, pág. 60.

dades de aquél, ausentes en cada uno de sus elementos integrantes. Son múltiples los ejemplos en que se manifiestan tales cualidades nuevas en los sistemas complejos. Así, por ejemplo, ninguna de las moléculas del neumático que cubre una rueda en movimiento se comporta como el neumático en su conjunto. Una molécula aislada de caucho no se estira, pero un trozo de ese material sí.

Es notable sobre todo la cohesión de los elementos que integran los sistemas biológicos. En este punto Ashby formula concepciones dialécticas, afines por su espíritu al claro aforismo de Hegel, citado por Engels en *Dialéctica de la naturaleza*: "sólo hay partícula en el cadáver". En esta tesis profunda se destaca la indisolubilidad de los elementos del sistema biológico, en tanto éste conserva aptitud para la actividad vital.

Las interesantes reflexiones de Ashby sobre el sistema complejo pierden en gran parte valor debido a sus premisas filosóficas subjetivistas, según las cuales la complejidad del sistema depende del sujeto cognoscente. Es indudable que el subjetivismo confunde el análisis de un tema dialéctico tan profundo como el sistema dinámico complejo.

La dirección de un sistema complejo tiene carácter estocástico o sea que la dependencia de los factores dirigente y dirigido no es equivalente. En los sistemas complejos la transición de un estado a otro puede realizarse por distintas vías, aunque conducentes al mismo resultado. Al elevar la temperatura de un gas de 15° a 17° C pueden distribuirse en distintas formas las velocidades de los movimientos de las moléculas. El número 8 se obtiene elevando dos al cubo, o multiplicando 2 tres veces, etc.

$$8 = 2^3 = 2 \times 2 \times 2 = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1.$$

Llegamos así a la posibilidad de aplicar el concepto de algoritmo a la dirección. Es evidente que por analogía con el algoritmo de cálculo se puede definir el de dirección como una indicación referente a la correlación entre el sistema dirigente y el regulado. Lo característico del algoritmo es que ignora el factor tiempo (es decir, el número de operaciones elementales, "pasos", con las cuales se obtendrá el resultado buscado). Un mismo impulso dirigente puede recorrer diversos caminos en un sistema complejo, siempre que determine su regulación, es decir, su dirección.

Por consiguiente, en la cibernética no sólo se generaliza el objeto de la dirección (la transición a sistemas dinámicos complejos), sino el proceso mismo de dirección (la transición a una dirección dinámica equivalente a la estocástica).

3. Para definir mejor esta característica comando cibernético compararemos dos ejemplos. Un día primaveral, caminando por la calle vemos cómo un portero, con una larga vara, quita el hielo del techo de una casa, para que no caiga sobre la cabeza de los transeúntes. Esta es una dirección mecánica, vinculada con una acción-mecánica y directa sobre el objeto dirigido. Pero luego vemos a un mozo que espanta una bandada de palomas agitando una vara con un trapo. Aquí no hay una acción mecánica directa sobre el objeto dirigido (la bandada de palomas), sino que la dirección se efectúa mediante una señal. Las palomas captan la información que les indica la conveniencia de emprender el vuelo. Esta es la peculiaridad más característica de la dirección cibernética, dirección mediante una señal portadora de cierta información. En ella es fundamental el papel de las acciones no vinculadas con fuerzas (a las que nos referiremos al hablar de conexiones de información). A diferencia de esto, el control automático del pasado implicaba conexiones y contactos directos (las que caracterizan, por ejemplo, la tolva del molino y el regulador de la máquina de vapor de Watt).

Por consiguiente, *el empleo de la información, de la acción de la señal para la dirección,* es un rasgo característico de la cibernética.

4. Por fin, la particularidad más importante de la dirección cibernética es la unidad de la dirección y la optimación. Los procesos cibernéticos se relacionan de modo directo con la optimación.

Desde los comienzos de la existencia del hombre, su actividad racional estuvo vinculada con determinados procesos de dirección. El ejemplo mencionado del fuego de la estufa también guarda relación con cierta dirección primitiva, aunque basada en este caso en procedimientos puramente cualitativos: el criterio principal es el mínimo de condiciones en las que puede haber una llama; si no se agrega leña a la estufa, la combustión cesa. Pero no se puede establecer sólo por métodos cualitativos el momento preciso, en que debe añadirse leña, ni la cantidad exacta que hace falta para la mejor combustión.

La cibernética, en cambio, establece el algoritmo de la dirección que permite considerar el conjunto de factores contradictorios y conducir el proceso en condiciones óptimas, de la mejor manera, después de haber elegido un camino único entre todos los posibles. Cuando se dice que la cibernética es la ciencia de la

dirección se afirma algo exacto. Sin embargo, sólo se está indicando el carácter genérico de la cibernética como ciencia. Para considerar de modo más completo sus rasgos cualitativos específicos, es preciso poner de manifiesto el enfoque peculiar de la dirección, que le es inherente en forma exclusiva. Entonces debemos decir que la cibernética es la ciencia de la dirección óptima, o de la optimación de la dirección, y no sólo de la dirección.

Si la dirección tiene un nexo cualitativo con lo racional, la optimación ofrece una interpretación cuantitativa concreta de ese nexo. La optimación es la realización práctica y cuantitativamente concreta de la dirección, la que incorpora en su proceso la característica de esa medida cuantitativa. Merced a esto se establece el criterio cuantitativo para comparar las acciones de dirección.

La enorme importancia práctica de la cibernética se debe a que elabora los métodos generales de optimación para los procesos más diversos. Permite considerar sumariamente la acción de numerosos factores en un sistema dinámico complejo, en el cual la interconexión de los elementos alcanza un grado tan elevado, que resulta imposible estudiar por separado los distintos factores del fenómeno. Cuando se da un conjunto de factores diversos, la combinación dialéctica de los submúltiplos de sus valores (por ejemplo, al elegir el sitio en que se construirá una central eléctrica regional) hace posible hallar su valor óptimo.

El análisis de las características de la dirección cibernética permite definirla como la *ciencia de las particularidades generales del proceso de dirección, de la optimación de la dirección (dirección óptima), del empleo de la información para la optimación de la dirección.*

En este capítulo hemos considerado las condiciones sociales en que surgió la cibernética, sus fuentes técnicas y teóricas, señalando los caracteres generales de sus problemas filosóficos y analizados los conceptos de dirección y optimación como categorías centrales de esta nueva ciencia. De todo ello derivan diversas conclusiones:

1. No es casual que la cibernética haya surgido en nuestra época. Fue un resultado lógico del progreso de la teoría y la práctica social, expresado en la creciente importancia de los procesos de dirección.

2. El desarrollo de la cibernética refuta de modo categórico

las tentativas de considerar sus resultados con criterio idealista y místico, como también las tergiversaciones vulgares, metafísicas y dogmáticas.

3. Los éxitos de la cibernética, que expresan el progreso del conocimiento científico, plantean numerosos y complejos problemas filosóficos (nexo entre información y entropía, relación entre el hombre y la máquina, etc.); para resolverlos es fundamental considerarlos con espíritu creador, desde el punto de vista del materialismo dialéctico.

CAPÍTULO II

PROBLEMAS FILOSOFICOS DE LA TEORIA DE LA INFORMACION

Ya hemos señalado que la cibernética estudia la función esencial de la información como carácter específico de los procesos de dirección. Las operaciones de elaborar, conservar y trasmitir la información son de primordial importancia para esta ciencia. Los éxitos de la cibernética se deben en gran parte a que desarrolló métodos científicos objetivos para el estudio de la información.

El desarrollo de esos métodos, integrados en una teoría especial sobre la información, motivó el planteo de numerosos problemas filosóficos y metodológicos, de cuya solución dependen en gran medida las perspectivas de desarrollo de este importante campo de la ciencia. Además, la teoría de la información abre interrogantes sobre diversos problemas vinculados con la cosmovisión, a cuyo análisis contribuye la concepción materialista dialéctica del universo. Nos referimos en particular, a la teoría de Lenin sobre el reflejo en general, y en particular, a su hipótesis del reflejo como propiedad de la materia. La mayoría de los autores reconocen que la teoría de la información es la parte más elaborada de la cibernética [1]; sin embargo, el análisis filosófico de dicha teoría se encuentra quizás en el estado más rudimentario.

Por tal motivo es necesario poner en claro el sentido filosófico de los resultados dado el estado actual de la teoría de la información y considerar desde un ángulo filosófico las perspectivas para la investigación científica en este campo.

1 Sobre esta base se intenta inclusive reducir la cibernética a la teoría de la información, hecho que representa uno de los extremos que acompañan al desarrollo de la nueva ciencia.

1. Teoría de la información

La ciencia contemporánea ha demostrado con hechos irrefutables que el hombre es un conjunto de relaciones sociales, que su naturaleza es social y que no puede existir fuera de la sociedad. Una de las manifestaciones de la naturaleza social del hombre es que en el proceso de su actividad vital, los seres humanos deben intercambiar ideas, trasmitirse información. En las primeras etapas de su existencia histórica (e individual) el surgimiento del lenguaje como medio universal para el intercambio de ideas, es uno de los factores determinantes de la esencia social del hombre. En general, los procesos de trasmisión de información acompañan al desarrollo de la sociedad humana desde sus orígenes. El jefe convoca a los miembros de su tribu para una cacería, tocando el cuerno, y las noticias más importantes se envían mediante veloces mensajeros. Es evidente que había muchos medios análogos de información, que no es preciso enumerar, porque lo dicho es suficiente para concluir que los diversos intercambios de información, son desde la más remota antigüedad, un factor imprescindible en la vida de la sociedad humana.

Estudiando los procesos de trasmisión de información se ponen de manifiesto dos características esenciales en su desarrollo histórico.

El rasgo más característico de los procesos de información en épocas pretéritas es que la señal para la acción y la información sobre el resultado de la misma estaban notablemente separados, debido a la lentitud con que se trasmitía la información. Por consiguiente, ésta era sobre todo de carácter pasivo: comunicaba noticias sobre hechos ya realizados; su participación en el curso del acontecimiento, en su dirección, era en extremo insignificante. La historia recuerda que en la batalla de Waterloo, la situación de las tropas de Napoleón se complicó por su falta de comunicación con las fuerzas del general Grouchy. Otro ejemplo: cuando la expedición de Scott a la Antártida se dirigía al polo sur, no tenía contacto alguno con el continente, y las circunstancias en que sucumbieron sus integrantes sólo se conocieron por el diario del explorador hallado junto a su cadáver. Ahora, en cambio, en la época de la radio, los aviadores soviéticos, recibieron la señal de un desastre y pudieron salvar rápidamente a los investigadores belgas de la Antártida.

Otra particularidad del desarrollo histórico de los procesos

informativos es que no sólo se trasmitía con extrema lentitud la información sino que los recursos técnicos de trasmisión se perfeccionaron con sorprendente lentitud.

El académico Berg, en su artículo *La cibernética y algunos problemas técnicos de dirección de la economía nacional*, cita hechos muy significativos relacionados con la historia de los medios de trasmitir informaciones. Según la leyenda, cuando después de un sitio extenuante fue tomada Troya, los alborozados griegos enviaron a su patria la noticia, largamente anhelada, mediante un ingenioso procedimiento: habían preparado una cantidad de hogueras, separadas entre sí por una distancia tal que permitía divisar el fuego. Apenas cayó la ciudad, fue encendida la hoguera más próxima; al ver el fuego, los que se hallaban junto a la segunda hoguera, la encendieron, luego ocurrió lo mismo con la tercera, etc. En este caso, el canal de comunicación fue una larga cadena de hombres y hogueras. Resulta fácil imaginar las enormes proporciones de esta cadena de comunicación, la cantidad de hombres y recursos materiales necesarios para llevarla a cabo. Esta forma de comunicación era bastante rápida, pero como es natural, sólo podía aplicarse en casos muy excepcionales.

Transcurren muchos siglos, y en otro extremo de Europa tiene lugar un gran acontecimiento histórico. En 1588 la "Armada invencible" de la arcaica pero aún poderosa España reaccionaria y feudal se aproxima incontenible a las islas británicas, para batir a Inglaterra, cuna del régimen capitalista de producción, progresista para la época. Como es sabido, una tormenta poco común dispersó a la flota, de un poderío sin precedentes. Esta extraordinaria noticia se trasmitió mediante hogueras dispuestas a lo largo de todo el litoral de Inglaterra.

Desde la guerra de Troya hasta la campaña de la "Armada invencible", la vida social experimentó cambios esenciales: los instrumentos de producción eran incomparablemente más perfeccionados; las épocas en cuestión corresponden a regímenes económico-sociales diferentes. Pero los medios para trasmitir informaciones seguían siendo los mismos. ¿Cómo se explica este hecho?

El ritmo del desarrollo histórico en las formaciones económico-sociales anteriores era, en comparación con nuestra época, extraordinariamente lento. Se verifica aquí una ley dialéctica fundamental: cuanto más elevada es la organización de un fenómeno cualquiera del mundo real, tanto más elevado el ritmo de su desarrollo.

La amplia aplicación de las máquinas durante la revolución industrial de fines del siglo XVIII, aceleró impetuosamente el progreso social. En fin de cuentas esto determinó el remplazo del capitalismo por el socialismo en gran parte del globo terrestre, contemporáneo de un creciente y acelerado proceso de hundimiento del sistema capitalista en el mundo entero. Esta aceleración del proceso social planteó, a su vez, requerimientos de importancia a la técnica de los medios de relación, de los medios de comunicación.

El escritor austríaco Stephan Zweig, al caracterizar el papel de la telegrafía, como fenómeno que modificó nuestras nociones de velocidad, espacio y tiempo, decía: "Durante los milenios o, quizá, los centenares de milenios trascurridos desde que apareció en la tierra ese ser asombroso llamado hombre, la medida de la velocidad fue la del caballo a la carrera, la rueda en movimiento, el navío impulsado por remos o velas. Todos los descubrimientos realizados en el breve intervalo iluminado por la conciencia que denominamos historia universal no determinaron ninguna aceleración importante del ritmo del movimiento. Los ejércitos de Wallenstein difícilmente hayan marchado con más rapidez que las legiones de César; las tropas de Napoleón no avanzaron con más ímpetu que las hordas de Gengis Kan; las corbetas de Nelson surcaron el mar con velocidad poco mayor que los barcos de los vikingos o las galeras de los fenicios. Lord Byron en los viajes de Chil Harold, no recorría diariamente un trayecto mayor que Ovidio en su camino al destierro en el Ponto; Goethe, durante el siglo XVIII, viajaba casi con igual comodidad y velocidad que el apóstol Pablo a comienzos del primer milenio. En la época de Napoleón el tiempo, y el espacio separaban a los países de igual manera que durante la época del imperio romano; la tenacidad de la materia seguía aventajando a la voluntad humana.

"Pero el siglo XIX modifica de manera fundamental el ritmo y la medida de la velocidad en la tierra...

"...Ese año 1837, notable para el mundo entero, en el que el telégrafo estableció un lazo de unión entre diversos destinos humanos, sólo es recordado en algunas ocasiones por los autores de nuestros manuales escolares, quienes lamentablemente siguen considerando que es más importante relatar las guerras y los triunfos de diversos capitanes o Estados, que referirse a las victorias universales de la humanidad, las únicas verdaderas. Y sin embargo la nueva historia no registra acontecimientos que por su influencia

psicológica se pueden comparar con esta renovación del concepto mismo de tiempo...''[2].

Sin embargo, estas palabras pueden ser referidas con mayor fundamento a un descubrimiento posterior, porque la verdadera revolución en las concepciones sobre la velocidad de las comunicaciones se produjo más tarde, entre el siglo XIX y el XX, cuando en 1895, el gran sabio ruso Popov realizó la proeza científica de establecer una comunicación sin conductores, por medio de las ondas radiales. El descubrimiento de la radiotelefonía inauguró la era de la información.

El rasgo determinante de esta era es la creciente unidad de los procesos de dirección e información. El perfeccionamiento de los medios para trasmitir la información, la mayor velocidad de los procesos informativos, crearon las condiciones para aplicar cada vez en mayor medida la información y la dirección. Al mismo tiempo se generaliza el concepto de información, vinculándolo no sólo al lenguaje humano, sino en general a todo tipo de señales.

Sin embargo, para dominar la información es necesario poder computarla. Algunas tentativas al respecto ya se advierten en las obras de Leibniz, quien planteó el problema de cálculo de proposiciones. En ese sentido fue importante el papel de la lógica matemática, sobre todo en los trabajos de George Boole lógico inglés del siglo XIX, sobre el álgebra de clases.

Al desarrollar los métodos objetivos cuantitativos para el estudio de la información no fue suficiente perfeccionar el aparato matemático; era preciso investigar la información no sólo desde el punto de vista de la forma matemática, sino también considerando la estructura de su contenido.

La teoría científica de la información surgió de las necesidades planteadas por la amplia aplicación práctica de la radiotécnica. En tal sentido fue fundamental el problema de la relación entre la señal portadora de la información y el ruido. Cuando los dispositivos trasmisores y receptores eran aún muy imperfectos, era este un problema de vida o muerte para la radiotécnica. Y su solución sólo podía hallarse en la noción estadística de la información. Los hechos más elementales de la vida cotidiana indican que la información más inesperada provoca las más grandes acciones, el mayor efecto de dirección. Si nos hallamos bajo un árbol y vemos que como de costumbre está en su sitio, esta información no

[2] Stephan Zweig, *Obras escogidas*, Moscú, 1957, págs. 492-493.

nos exige acción inmediata alguna. Pero si inesperadamente el árbol empieza a caer, nuestro cerebro en seguida da la orden: "huye". Y si los músculos no cumplen la orden con suficiente rapidez podemos sucumbir bajo el árbol que se derrumba. Por consiguiente, la información tiene siempre que ver con nuevas posibilidades. Pero la teoría matemática de la posibilidad ya fue estructurada durante el siglo XVIII, en la teoría de las probabilidades.

La elaboración de la teoría de la información fundándose en la teoría de las probabilidades tropezó con el deficiente desarrollo de ésta. Los trabajos del académico A. Kolmogórov al generalizar esta teoría prepararon el salto cualitativo, dándole su estructura actual.

El primero que procuró relacionar la información con la probabilidad fue el estadígrafo inglés R. Fischer, en 1921. Al investigar los sistemas complejos de suelos, propuso una fórmula para determinar la probabilidad de un parámetro desconocido, fundándose en observaciones sobre el estado del sistema físico [3]. Pero su trabajo pasó entonces desapercibido, debido a que estaba poco desarrollada la técnica para trasmitir informaciones, pero también por la complejidad e imperfecciones matemáticas de las fórmulas que proponía para determinar la cantidad de información.

La obra de L. Szilard (1929), que por primera vez enunció la idea fundamental sobre la relación entre información y entropía, sirvió de principio para aplicar los métodos estadísticos de la termodinámica, al estudio de la información.

Para precisar esta idea examinaremos la etapa en que se encontraba el desarrollo de la teoría del calor cuando se introdujo el concepto de entropía. La aplicación técnica de las máquinas térmicas, que tuvo un ritmo impetuoso durante la primera mitad del siglo XIX, determinó grandes progresos en la teoría del calor, la creación de la termodinámica, ciencia que estudia el equilibrio de los procesos térmicos y las relaciones del calor con otras formas de energía.

Como fundamento de esta ciencia se enunciaron dos principios. El primero es la expresión cuantitativa de la ley de conservación y trasformación de la energía aplicada a los procesos térmicos: la energía interna de un sistema cerrado es constante.

[3] Véase *Teoría de la trasmisión de informacionss*, recopilación dirigida por el miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS V. Siforov, Moscú, 1957.

El segundo principio afirma que el calor no puede pasar por sí mismo, sin gasto adicional de energía, de un cuerpo con temperatura inferior a otro con temperatura superior. De ahí surge la conclusión de que en un sistema cerrado se produce con el tiempo una nivelación de temperatura de todos los cuerpos y el calor pierde paulatinamente la capacidad de pasar de un cuerpo a otro, de trasformarse en energía mecánica, realizando simultáneamente un trabajo. Para caracterizar esta propiedad de los procesos térmicos se introdujo una magnitud particular, la entropía (del griego: "volver adentro", es decir, como una "retirada hacia sí"). De ahí se concluía que la entropía de un sistema cerrado puede crecer (en los procesos irreversibles) o permanecer invariable (en los reversibles).

La segunda etapa del desarrollo de la termodinámica está vinculada con el nombre del célebre físico austríaco Ludwig Boltzman. En sus clásicos trabajos, publicados en la segunda mitad del siglo XIX, se enfoca estadísticamente el segundo principio de la termodinámica.

Según este enfoque, cada macroestado de un sistema se basa en un conjunto de microestados, relacionados con el movimiento de las moléculas. El macroestado puede ser realizado por muchos microestados. La entropía, así considerada, es la medida de la probabilidad de un estado dado del sistema. Por lo demás, el estado más probable es el de equilibrio. Por consiguiente, cuando se dice que la entropía del sistema aumenta, esto significa que el sistema se mueve hacia el estado más probable, el de equilibrio.

En 1906, Max Planck, gran físico alemán fundador de la física cuántica, expresó la idea de Boltzman en la fórmula clásica $S = K\ln W_t$ (fórmula grabada en el monumento a Boltzman, en Viena), donde S es la entropía del sistema; K, el coeficiente de proporcionalidad entrópica del logaritmo de proporcionalidad del estado (fue introducido por Planck, y se conoce con el nombre de constante de Boltzman) y W, la probabilidad termodinámica del estado del sistema.

La interpretación estadística de la entropía es la piedra angular de la física cuántica y un capítulo importantísimo de la ciencia contemporánea.

Una interesante paradoja de la física estadística es la imagen del llamado "demonio de Maxwell". El célebre físico inglés J. K. Maxwell formuló el siguiente razonamiento: supongamos que tenemos un recipiente lleno de un gas, dividido por un tabique en el

que hay una compuerta. Esta es controlada por un ser diminuto, un "demonio", capaz de diferenciar las moléculas rápidas del gas, de las lentas. Al dirigir la compuerta, el "demonio" puede reunir en una parte del recipiente todas las moléculas veloces, y en la otra todas las lentas. Pero como ya señalamos, el aumento de entropía se manifiesta en la tendencia del sistema hacia el equilibrio, en que se nivela la distribución de las moléculas según sus velocidades. Pero el "demonio" está en condiciones de reducir la entropía del sistema cerrado (el recipiente con gas): o sea contradice el segundo principio de la termodinámica, crea un "motor perpetuo" de segundo género. Se entiende, por cierto, que en la práctica no existe tal demonio. Sin embargo, durante largo tiempo no se logró encontrar la solución teórica de esta paradoja.

En la mencionada obra de Szilard, intitulada *Disminución de la entropía en un sistema termodinámico con intervención de un ser pensante,* publicada el año 1929 en una revista alemana de física, se indicaba la manera de resolver esta paradoja mediante el concepto de información.

Los físicos del siglo XIX, cuando los procesos de información aún eran muy rudimentarios, no tenían en cuenta el papel de la misma, ni el gasto de energía necesario para obtenerla. Por eso no advertían un hecho al parecer evidente: para poder diferenciar las moléculas según sus velocidades el "demonio" tiene que poseer información sobre ellas y para eso hace falta un gasto de energía; el demonio, por ejemplo, tiene que tener una linterna eléctrica, con su carga de baterías, para iluminar las moléculas, o sea que es preciso recibir energía desde fuera del sistema molecular.

En la historia de la ciencia suele ocurrir que en determinadas etapas del conocimiento ciertos procesos (en este caso la transmisión de informaciones) parecen carecer de importancia; sólo más tarde se revela su significación. Esta particularidad es una valiosa confirmación del carácter objetivo del proceso cognoscitivo. Durante milenios los hombres conocieron en la práctica los procesos de información, pero sólo en el siglo XX comenzaron a interpretarlos desde el punto de vista teórico.

Uno de los primeros resultados de esta interpretación teórica fue la conclusión de que existe un nexo entre información y entropía. Así planteado el problema, podía demostrarse que era imposible el móvil perpetuo en el caso del "demonio de Maxwell", puesto que la energía del sistema disminuía a expensas del gas-

to de energía necesaria para la información, y que se obtenía desde fuera del sistema.

Otra consecuencia inmediata de la idea sobre el nexo entre información y entropía fue la conclusión de que la información está en relación inversa con la entropía del sistema.

Sin embargo, estas consideraciones puramente cualitativas no eran suficientes para estructurar y desarrollar una teoría de la información que tuviera cierta importancia práctica. Para ello era necesario pasar del análisis cualitativo al análisis de la *cantidad de información*. La obra de R. Hartley *Transmisión de informaciones* (1928), en la que se formuló la medida de la información, llamada medida de Hartley constituyó un paso significativo. Sin embargo desde el punto de vista matemático, esta medida no era suficientemente general.

Al señalar que "en su acepción habitual, el término «información» es muy elástico", Hartley destaca que la información es tanto mayor cuanto más son las posibilidades que excluimos. Para ilustrar esta importante reflexión, Hartley analiza esta frase: "las manzanas son rojas". Lo primero excluye todos los objetos que no son manzanas, y la palabra "rojas" excluye todas las demás propiedades, fuera de dicho color[4]. Por consiguiente, la frase "las manzanas son rojas" contiene más información que, por ejemplo "las manzanas son de color", puesto que en la primera no sólo se indica que las manzanas tienen color, sino que se excluyen todos los otros, excepto el rojo. En este trabajo, Hartley enuncia una tesis de extraordinarias perspectivas: "la cantidad de información es proporcional al número de alternativas"[5]. Esta tesis abrió el camino para aplicar a la teoría de la información los métodos de la investigación estadística, dado que la información se vinculaba con objetos discontinuos, computables, es decir, con alternativas.

El académico Kotélnikov estableció en 1933 un principio decisivo para desarrollar la teoría de la información. En su trabajo *Capacidad del "éter" y los conductores en la comunicación eléctrica*, presentado ante el I Congreso soviético sobre reconstrucción de las comunicaciones, formuló y demostró el teorema

[4] Ver *Teoría de la información y su aplicación*, recopilación de A. Jarkévich, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 1959, pág. 6.

[5] *Idem*, pág. 11.

según el cual una señal continua con un espectro limitado de frecuencias puede trasmitirse como una serie de discontinuas [6].

Este importante resultado obtenido por el científico soviético preparó el terreno para estructurar la teoría matemática de la comunicación sobre la base de las ideas estadísticas. La aplicación de los métodos estadísticos se logró al analizar la estructura interna de la información, que es de carácter discontinuo.

En efecto, el requisito para aplicar la teoría de las probabilidades es que exista un conjunto de objetos discontinuos. Al considerar la señal discontinua como un conjunto de señales continuas, el teorema de Kotélnikov despejó el camino para estudiar la señal como un conjunto estadístico. La aparición de este teorema a comienzos de la década del 30 no fue casual. La idea de cuantificar la señal continua respondía el desarrollo de la física cuántica del siglo XX.

Cabe destacar que el trabajo de Kotélnikov no sólo preparó una base real para elaborar la teoría matemática de la información, sino que elaboró un *método* fundamental para demostrar los teoremas de la teoría de la información: el de la representación geométrica de la señal, que se aplica en la actualidad. El valor de este método consiste en que permite calcular la cantidad de información contenida en un sistema continuo complejo, reduciéndola de modo muy evidente al caso más simple, al cálculo de la cantidad de información que hay en una señal elemental discontinua. Esto remite la noción de "cuanto de información". Sumando la cantidad de información de las señales elementales, se puede calcular la cantidad de información que contiene una señal continua compleja.

No cabe duda que el concepto físico sobre la unidad de continuo y discreto es fundamental para la teoría de la información.

Se puede concluir que en las obras de Fischer, Szilard, Hartley y Kotélnikov, las dos ramas principales del desarrollo de la física contemporánea, o sea la física estadística y la mecánica cuántica, se vincularon con la teoría de la información. Durante la década del 40 se obtuvieron tres aportes fundamentales en el estudio de la información, que prepararon un verdadero salto en el desarrollo de la teoría. En primer lugar, los trabajos de Hartley en la investigación estadística objetiva sobre la información; en

[6] Ver *Materiales para el I congreso soviético sobre reconstruoción técnica de las comunicaciones*, Moscú, 1933.

segundo término, las obras sobre teoría de las probabilidades, principalmente de la escuela soviética (N. Bernstein, A. Kolmogórov, A. Jinchin), que formularon los procedimientos matemáticos para estudiar la información; en tercer lugar, el teorema de Kotélnikov, que sentó las bases para el desarrollo de la teoría estadística de la información, mediante la aplicación a su estudio de métodos cuantitativos objetivos, después de analizar su estructura interna.

Los trabajos del destacado científico norteamericano Claude Shannon y sus colaboradores representaron un gran salto cualitativo en el desarrollo de la teoría de la información, para el que los progresos anteriores habían creado las condiciones necesarias. En la *Teoría matemática de la comunicación,* obra fundamental escrita por Shannon en colaboración con W. Weaver, publicada en 1949, se expone una teoría general de la información. Al vincular el análisis teórico de la capacidad de los canales con la tarea de elaborar los métodos más racionales para la codificación y descodificación, Shannon formuló un método objetivo, para calcular la cantidad de información, basado en la generalización de algunos resultados de la física estadística. En su trabajo inicial hay un parágrafo especial intitulado "Elección, indeterminación y «entropía»", en el que Shannon considera la información como el elemento que elimina la indeterminación de la elección. De acuerdo con este enfoque, se puede considerar que la medida de la información es la medida de la indeterminación de la elección entre acontecimientos con probabilidades $p_1, p_2 \ldots p_n$. Shannon la expresa mediante $H(p_1, p_2 \ldots p_n)$ y caracteriza las tres condiciones necesarias siguientes:

1. H debe ser continua con relación a p.

2. Si todos los p_i *son uniformes,* $p_i = \frac{1}{n}$, H representará una función monótona creciente de n. Esto significa que con igual probabilidad de los acontecimientos, tenemos la máxima indeterminación en su elección.

3. Si la elección se desintegra en dos etapas sucesivas, H se obtendrá sumando miembro a miembro los valores individuales de H. Para cumplir esta condición se utiliza la función logarítmica.

Después de formular estas condiciones, Shannon demuestra el teorema: la única forma de H que puede satisfacer las tres condiciones

es $H = -K \sum_{i}^{n} p_i \log p_i$, donde K es una constante positiva, la única de que depende la unidad de medición.

Luego de demostrar este teorema, Shannon formula una importante conclusión metodológica: "Las magnitudes del tipo $H = -K \sum_{i}^{n} p_i \log p_i$ desempeñan un papel primordial en la teoría de trasmitir las comunicaciones como medida de la posibilidad de elección y de indeterminación. La forma de la magnitud H es como la de la entropía, determinada en la mecánica estadística... Convenimos en llamar a $H = -K \sum_{i}^{n} p_i \log p_i$ la entropía del conjunto de probabilidades $p_1, p_2 \ldots p_n$"[7]. La fórmula para la entropía de las probabilidades se considera como la fórmula de la cantidad de información.

Este planteamiento del problema permite obtener importantes conclusiones metodológicas. En primer lugar, la medida de la información se determina mediante su opuesto: la indeterminación de la elección; la cantidad de información es tanto mayor, cuanto mayor es la indeterminación que esta información elimina. Este enfoque coincide en todo con la lógica dialéctica, que habla de la unidad de los contrarios. En segundo lugar, las tres condiciones que formula Shannon para medir la indeterminación de la elección son las que caracterizan a la entropía. En esto no hay nada sorprendente, porque desde el punto de vista matemático, tanto la entropía como la cantidad de información se fundan en el concepto de probabilidad. En tercer lugar, en el campo de la teoría de la información Shannon generalizó un método que se remonta a Newton: estructurar el modelo matemático formal aún antes de aclarar el sentido del fenómeno en su contenido.

Al señalar su importancia fundamental para el conocimiento de las ciencias naturales, S. Vavilov, en su libro *Isaac Newton*, afirma que dicho método, con distintas denominaciones, abarca

7 *Teoría de la trasmisión de señales eléctricas en presencia de ruidos*, Moscú, 1953, pág. 20.

todo el campo de las ciencias naturales desde Newton. Es indudable que su aplicación en el dominio de la información es absolutamente legítima y fecunda. Sin embargo, se sobreentiende que el desarrollo del formalismo matemático no exime de aclarar la cualidad esencial del fenómeno físico.

Por consiguiente podemos concluir que mediante el concepto de entropía, C. Shannon, generalizó la medida de la información, ofreciendo una fórmula matemática más conveniente para los cálculos que la de Fischer. No puede haber dudas sobre los fecundos resultados prácticos, y sobre todo teóricos, obtenidos al introducir la entropía en la teoría de la información y utilizar para los cálculos las formas del tipo $H = -\sum_{i}^{n} p_i \log p_i$. El concepto de entropía, introducido en esa teoría completó la búsqueda de un método objetivo para el cálculo de la información y permitió estructurar la concepción matemática contemporánea en función de la teoría de la información.

¿Cuál es el sentido metodológico y filosófico del nexo entre entropía e información? Para responder a este interrogante tenemos que referirnos a la naturaleza cualitativa de la información.

2. *Naturaleza de la información*

La idea cardinal de la cibernética es la tesis sobre la unidad de los procesos de comunicación y los de dirección. Por lo demás, en la cibernética, las comunicaciones se consideran informativas, o sea realizadas mediante procesos de información. Esto ya es suficiente para comprobar la fundamental importancia que el concepto información tiene para la cibernética.

Por eso, así como el perfeccionamiento de los métodos cuantitativos para el estudio de la energía dio gran impulso a la investigación de los procesos físicos, el descubrimiento de métodos para medir la cantidad de información creó las condiciones para conocer cuantitativamente los procesos de dirección. Sin embargo, los métodos cuantitativos de investigación no son suficientes cuando se trata de fundamentar de modo más completo la unidad de los procesos de información y los de dirección.

No se puede objetar la elaboración de métodos cuantitativos para el cálculo de la información, inclusive antes de que se revele

la naturaleza de su contenido. No obstante, este enfoque implica ciertas dificultades, y para superarlas es conveniente poner en claro, ante todo, la naturaleza cualitativa de la información, su contenido. El análisis cuantitativo de la información no es más que el primer paso, si bien muy importante, para estudiar los procesos informativos, como objetos reales del mundo circundante.

En la teoría de C. Shannon, no figura el concepto de "información" y, como es natural, no se lo define. Sin embargo, es indudable que esta definición, es necesaria. Revelar su contenido objetivo es la etapa siguiente e imprescindible en el estudio de los procesos de información. A nuestro parecer, dicho concepto debe introducirse partiendo de los datos obtenidos al elaborar el concepto de "cantidad de información". Al pasar del concepto de "cantidad de información" al de "información" el análisis filosófico puede ser muy útil. ¿Cuáles son las consideraciones previas que tienen importancia para resolver esta tarea?

Ante todo cabe señalar que sólo puede justificarse metodológicamente el procedimiento de investigación que reconoce la naturaleza objetiva de la información independiente del hombre. A nuestro parecer, el principio que reconoce la información como un principio objetivo es de importancia decisiva para el desarrollo de la cibernética. En efecto, la información sirve de base a los procesos de dirección. Pero es evidente que el sustrato, el portador de los procesos de dirección objetivos por naturaleza, por principio no puede carecer de contenido objetivo. Por consiguiente el reconocimiento de la información es el primer principio en la investigación de su naturaleza.

¿Qué rumbo hay que seguir para revelar esta naturaleza? Para responder a este interrogante puede ser útil la analogía entre el concepto de información y el de energía, que, según la conocida definición de Engels, es la medida del movimiento, es decir que el concepto de energía está rigurosamente unido a un atributo de la materia, el movimiento. ¿No se podrá descubrir un nexo análogo del concepto de información con uno de los atributos de la materia? ¿Y con cuál?

El análisis filosófico del principal resultado alcanzado por la moderna teoría de la información —la conclusión sobre la existencia de un nexo entre cantidad de información y entropía— puede ser útil para responder a estos interrogantes.

En la historia de las ciencias naturales desempeñan un importante papel la generalización científica, fundada en que los

resultados logrados en el estudio de una esfera del mundo real se puede extender a un nuevo campo. Esto permite hacer avanzar notablemente ambos campos a la vez. Tales resultados también tienen gran importancia para la filosofía. A este tipo de generalizaciones pertenece la idea sobre el nexo entre entropía e información, que extiende al campo de la teoría de la información los resultados de la física estadística.

Esta idea surgió al principio por una circunstancia formal, la coincidencia de la fórmula matemática de la entropía con la fórmula de la cantidad de información. Sin embargo, en la historia de la ciencia muchas veces el contenido de un resultado deducido formalmente se revela más tarde.

De todos modos, el análisis del contenido de esta generalización científica parece muy importante. El examen del aspecto filosófico del problema puede contribuir a este análisis. Por lo demás, es necesario destacar que carece de fundamento negar que existe un nexo de contenido entre entropía e información.

Dicho nexo es objeto de una animada polémica en la literatura de estos últimos años. Nos hallamos aquí ante un fenómeno interesante. La generalización científica que algunos autores consideran de suma importancia, es negada categóricamente por otros. En el informe de Bar Hillel, en la X Conferencia sobre cibernética, celebrada en Nueva York, en 1953, intitulado *Información semántica y su medida*, el desarrollo de la teoría de la información se funda en la negativa de comparar la información con la entropía. "Considero desde todo punto de vista inadmisible —afirma dicho trabajo— que el concepto físico de entropía, que, por consiguiente, es empírico, pueda compararse con el de cantidad de información semántica, que es un concepto lógico" [8].

Debido a su posición subjetivista, por la que niega la unidad de los conceptos físicos (ontológicos), y lógicos, y considera que estos últimos sólo son subjetivos, el autor niega también la existencia del nexo en cuestión.

En la literatura soviética se formula la misma tesis, pero por supuesto, los conceptos filosóficos en que se funda son totalmente distintos.

El traductor de la obra de C. Shannon al ruso N. Zheleznov, dice en una nota especial: "El autor introduce el término «entropía» fundándose en la semejanza puramente externa entre la

[8] *Cybernetics...*, pág. 47.

expresión de la magnitud H. establecida por él, y la que se emplea para la entropía, en la significación universalmente aceptada. Puesto que en la física estadística el concepto de entropía se vincula con un contenido físico perfectamente determinado, en lo sucesivo se coloca la palabra «entropía» entre comillas, a fin de evitar los posibles equívocos que pueden surgir de la terminología formalista del autor. Es preciso señalar que en este caso la «entropía» *no es más* que una designación abreviada de la magnitud $H = K \sum_{i}^{n} p_i \log p_i$, donde p es la probabilidad de que se manifieste algún acontecimiento"[9].

Aquí no se tiene en cuenta el contenido objetivo que encierra el sistema mismo de la teoría científica ya que la coincidencia de las fórmulas matemáticas que caracterizan a las leyes de tales o cuales fenómenos no puede ser mera coincidencia formal, casual. En este caso existe cierta base de contenido que determina cierta unidad objetiva de estos fenómenos.

Lenin, al destacar este aspecto del problema en *Materialismo y empiriocriticismo, afirma*: "La unidad de la naturaleza es manifiesta en la asombrosa analogía de las ecuaciones diferenciales que se refieren a los diferentes órdenes de los fenómenos"[10].

Shannon, fundador de la moderna teoría matemática de la información, después de señalar que, por su expresión matemática, la cantidad de información coincide con la entropía interpretada según la célebre fórmula de Boltzman, infiere que esta magnitud H. puede ser llamada entropía de la información. Nada más dice al respecto, y no aclara en qué consiste el aspecto físico de la analogía entre entropía y cantidad de información.

En la obra fundamental *Concepto de entropía en la teoría de las probabilidades*, de A. I. Jinchin, destacado investigador soviético de la teoría de las probabilidades, también se menciona la analogía física entre entropía y cantidad de información: "Siguiendo algunas analogías físicas (que aquí no hay necesidad de examinar en detalle), denominaremos entropía del esquema final a la magnitud $H(p_1, p_2 \ldots p_n)$"[11].

9 Véase *Teoría de la trasmisión de señales eléctricas en presencia de ruidos*, págs. 20-21. Nota (la cursiva es mía. - *I. N.*).

10 V. Lenin, *ob. cit.*, t. XIV, pág. 287. (*Ed.*).

11 *Exitos de las ciencias matemáticas*, t. VIII, ed. 3, pág. 4.

El famoso cibernético W. Ashby, en su *Introducción a la cibernética,* insiste en la necesidad de proceder con cautela al analizar el nexo entre la entropía de Shannon y la entropía de la física estadística, y afirma: "En estos dominios el movimiento recuerda al que se produce en una espesura llena de trampas. Los más familiarizados con este tema son los que por lo común se muestran más prudentes al hablar de él" [12]. Luego Ashby no agrega nada más sobre este importante problema. Este enfoque, limitado a señalar el problema y reclamar cautela al resolverlo, no es por cierto, suficientemente constructivo. Sin embargo, podemos concluir, por lo menos, que las mismas contradicciones suscitadas al valorar la importancia de este problema prueban su complejidad e importancia.

El nexo entre entropía e información se establece por primera vez en 1929. En la obra de L. Szillard que ya hemos mencionado, para establecer este nexo no se parte de la semejanza matemática de las fórmulas, sino precisamente de hechos físicos vinculados con las conquistas de la termodinámica. Y éste es también un rasgo característico de las ciencias naturales: con bastante frecuencia, una idea de contenido físico, que al principio tiene una formulación matemática insuficiente, pierde este sentido originario y se convierte en objeto de investigación puramente matemática, la cual, a su vez, en determinada etapa, requiere una interpretación de contenido físico.

La importancia del nexo entre entropía e información fue señalada por el célebre físico francés contemporáneo L. de Broglie, para quien la conclusión sobre la profunda analogía que existe entre ellas es *"la más bella y hermosa de las ideas sugeridas por la cibernética"* [13].

La opinión de L. de Broglie es digna de profunda atención. Es sabido que este científico que tuvo extraordinaria participación en la interpretación del sentido real de los resultados logrados por la cibernética. Ya en 1951 pronunció una conferencia sobre el tema, y en 1952 publicó un artículo en la revista *Atomos* donde impugnó el enfoque vulgar y nihilista de esta ciencia.

Debemos señalar la opinión del muy notable especialista en el

12 W. Ashby, *Introducción a la cibernética,* Moscú, 1959. pág. 254. [En inglés: *Introduction to cybernetics,* Chapman, Londres, 1956. *Ed.*].

13 P. Cossa, *Cibernética,* Moscú, 1958, pág. 100 (la cursiva es mía. - *I. N.*).

campo de la teoría de la información, académico Kolmogórov: "Nadie ignora que la expresión H (ξ) es formalmente idéntica a la expresión de la entropía en física [...] Siempre hay que destacar las analogías *matemáticas* de este género puesto que su examen detenido *contribuye* al progreso de la ciencia" [14].

Wiener estudia con mucho detalle el problema de la entropía y la información, analizando su contenido en varias de sus obras, entre las que se cuentan *Cibernética* y *Cibernética y sociedad*. Señala que la entropía y la cantidad de información están vinculadas porque caracterizan la realidad efectiva desde el punto de vista de la correlación que existe entre el desorden y el ordenamiento. Si la entropía es la medida del desorden, la cantidad de información es la medida del ordenamiento. Este punto de vista está muy difundido en la literatura y en general no encuentra objeciones; se considera muy natural y aceptable [15].

El físico francés contemporáneo L. Brillouin, con su libro *Ciencia y teoría de la información*, realizó un importante aporte a esta investigación. Afirma que lo que es preciso vincular no es la entropía y la información, sino la entropía negativa y la información. Si la entropía caracteriza el desorden del sistema, la magnitud inversa, o sea la entropía negativa, caracteriza su ordenamiento. De ahí se deduce que la información, como la entropía negativa, es la medida del ordenamiento de un sistema determinado.

Es natural, entonces, que se formule el siguiente interrogante: ¿hay alguna diferencia entre entropía negativa e información? En caso contrario, ¿para qué hace falta dos conceptos, para denotar lo mismo? Si existe una diferencia, es preciso analizarla.

En este punto la literatura registra diversos puntos de vista. Por ejemplo, E. Kolman, quien como es sabido fue uno de los primeros que se opusieron al enfoque nihilista de la cibernética, sostenía que "la cantidad de información puede ser identificada con la entropía negativa" [16]. L. Brillouin que también identifica ambos conceptos, admite que "la información puede ser convertida

14 Véase *Sesión de la Academia de Ciencias de la URSS sobre problemas científicos de automatización de la producción*, t. I., págs. 77-78 (la cursiva es mía. - *I. N.*).

15 Véase, por ejemplo, N. Wiener, *Cibernética y sociedad*, Moscú, 1958, pág. 44. [Hay traducción castellana de Ed. Sudamericana. *Ed.*].

16 Ver *Problemas filosóficos de la física contemporánea*, Moscú, 1958, pág. 235.

en la entropía negativa y viceversa"[17]. Sin embargo, este punto de vista no elimina diversas dificultades. En particular, no se explica por qué existen dos conceptos para expresar un mismo fenómeno.

Como ya lo hemos señalado para aclarar la correlación entre entropía e información es preciso vincular este problema con el análisis de la esencia misma de la información.

A nuestro parecer, el análisis del nexo entre información y entropía, bajo el aspecto de su contenido, no sólo permite interpretar la medida de la cantidad de información y los procedimientos para su cálculo, sino que también abre el camino para estudiar el sustrato de la información, de acuerdo con su contenido cualitativo. Es necesario prestar atención a esta circunstancia, sobre todo porque los conceptos "cantidad de información" e "información" se emplean en varios manuales como sinónimos[18].

Antes de caracterizar la información bajo el aspecto de su contenido, formularemos algunos principios básicos. Aquí es necesario destacar una vez más que la coincidencia entre las fórmulas matemáticas de la entropía y la cantidad de información tiene un contenido que le sirve de base.

En la ciencia de la investigación es frecuente limitarse a las relaciones cuantitativas de un objeto dado cuando aún no se ha estudiado su contenido. Tal etapa de la investigación no puede suscitar objeciones: es natural desde todo punto de vista, pero no hay que detenerse en ella, ni menos atribuirle carácter absoluto. Es necesario esforzarse por pasar a la etapa siguiente, para revelar el contenido de tal o cual fenómeno. Entonces los mismos métodos cuantitativos tendrán una base más profunda y podrán adquirir mayor desarrollo.

Como ya señaláramos, Wiener afirma con justeza que la información es la medida del ordenamiento. Pero no responde al interrogante de qué es lo que se ordena, cuál es el sustrato que se expresa de modo ordenado en la información.

Wiener insiste en que la información, por su naturaleza, no es materia ni energía.[19] Con el mismo criterio afirma W. Ashby: "Toda tentativa de considerar la información como una cosa que

17 L. Brillouin, *Ciencia y teoría de la información*, Moscú, 1960, pág. 201.
18 Ver, por ejemplo, S. Goldman, *Teoría de la información*, Moscú, 1957, pág. 11.
19 Ver N. Wiener, *Cibernética*, pág. 166.

puede ser contenida por otra cosa origina por lo común problemas difíciles, que nunca debían de haber surgido"[20].

Se habla allí de lo que NO es la información; pero es sabido que estas definiciones negativas sólo pueden tener limitada importancia. Es preciso pasar de ellas al aspecto positivo de la cuestión. Al no dominar concientemente el método dialéctico, numerosos investigadores burgueses, que piensan según la fórmula metafísica "o lo uno o lo otro", caen en un falso dilema: "puesto que la información no es materia [y ésta es una afirmación justa, con la cual, a nuestro parecer, es forzoso estar de acuerdo], nada tiene en común con la materia y debe ser separada de ésta". Hay que señalar que el propio N. Wiener no se aboca a este falso dilema, cuando sostiene que la información no es materia ni energía, pero no va más allá e interrumpe su análisis, para no llegar a extremos.

En la literatura popular están difundidas las definiciones de la información estructuradas sobre la base de comparar los conceptos de información y de comunicación. Resulta así una definición tautológica: la información es la comunicación, y viceversa. Esa definición nominal (o sea que revela la significación del término, de la palabra "nómina", nombre) puede tener su justificación, aunque es de carácter tautológico. Algunas veces hay que recurrir a tales definiciones cuando la ciencia no ha alcanzado aún suficiente madurez. Sin embargo, es indudable que en el posterior desarrollo de la teoría de la información se harán tentativas para definir su contenido determinado.

Concientes de la imperfección de las definiciones tautológicas, diversos autores proponen utilizar el concepto de información de modo puramente intuitivo. Este concepto fue formulado del modo más preciso en uno de los novísimos manuales de teoría de la información , que elabora para la misma una sólida base matemática; nos referimos a la obra de A. Fainstein, cuya versión rusa fue publicada en 1960. En este libro leemos lo siguiente: "Vemos que los conceptos fundamentales de la teoría [se refiere a la teoría de la información. — *I. N.*] se interpretan fácilmente como conceptos intuitivos"[21].

Pero no se puede aceptar esta evasiva al investigar la naturaleza de la información en cuanto a su contenido. Más aún, es más peligrosa, inclusive, que las definiciones tautológicas de la in-

[20] W. Ashby, *ob. cit.*, pág. 216.
[21] A. Fainstein, *Bases de la teoría de la información*, Moscú, 1960, pág. 7.

formación, porque éstas sostienen con franqueza que en su teoría no todo marcha a la perfección y que es preciso buscar una definición más exacta, mientras que el examen "intuitivo" intenta simplemente retirar este tema del orden del día. Esta concepción tiene al positivismo como supuesto filosófico que, en general, se caracteriza por su negativa a estudiar el contenido material del objeto, y limita toda la investigación a la descripción del cálculo cuantitativo.

En este sentido es correcta la tesis enunciada por el miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, A. A. Márkov, ante la primera conferencia soviética sobre cuestiones filosóficas de las ciencias naturales, celebrada en 1958, en la que sostenía que es insuficiente definir la información de modo puramente axiomático [22].

El análisis de los materiales mencionados en párrafos anteriores nos obliga a formular la siguiente conclusión: para revelar la información de acuerdo con su contenido, hay que considerarla como un objeto que sin ser materia está indisolublemente unido a ésta.

¿Hay algún objeto que reúna estas condiciones? Para responder a este interrogante es preciso analizar las categorías de la filosofía materialista vinculada con la concepción general del mundo. El análisis de la naturaleza de la información comprueba una vez más la vitalidad del materialismo dialéctico, la vitalidad de sus concepciones para el conocimiento científico.

La aplicación de la teoría leninista del reflejo puede contribuir al progreso de los estudios sobre la naturaleza de la información. Ya hemos llamado la atención sobre este punto en el trabajo *Lenin y la unidad material del mundo* [23], publicado en 1959, y en el artículo *Entropía negativa y cantidad de información* [24].

Como es sabido en *Materialismo y empiriocriticismo* Lenin formula su hipótesis sobre la propiedad del reflejo, inherente a toda la materia en su conjunto [25]. Mediante esta profunda reflexión, Lenin

22 Ver *Trabajos de la conferencia soviética sobre problemas filosóficos de las ciencias naturales*, Moscú, 1959, pág. 416.

23 Ver *La gran obra del materialismo militante*. Colección de artículos. Moscú, 1959, pág. 171.

24 Ver *Voprosi filosofi*, 1962, núm. 6.

25 Para caracterizar las manifestaciones del reflejo en la naturaleza inorgánica tiene esencial importancia la definición que formula B. S. Ukráinstsev, en la obra *Posibilidades de la cibernética a la luz de la propiedad del reflejo de la materia*. En la misma se afirma lo siguiente: "Reflejo elemental es el proceso en el cual, como resultado de la acción de un sistema material sobre

despejó el camino para resolver el problema del origen de la conciencia desde el punto de vista filosófico y científico.

En el materialismo premarxista se daban dos posiciones extremas en lo que respecta a este problema: la primera consistía en admitir que el proceso por el cual se había formado la conciencia es incognoscible, o en el mejor de los casos casual; la segunda posición reducía simplemente la conciencia a la materia; la conciencia desde este punto de vista, en verdad, jamás había surgido, puesto que no se diferencia en absoluto de la materia. Ambos extremos estuvieron históricamente justificados en su tiempo, pero en la actualidad es evidente su falta de fundamento.

Al desarrollar el materialismo y superar la limitación de sus formas antiguas, Lenin formula su hipótesis sobre la propiedad del reflejo fundándose en la tradición materialista mundial. Al analizar la polémica entre Diderot y D'Alembert, Lenin decía que se puede suponer que toda la materia está dotada de la propiedad del reflejo, la cual es justamente el eslabón dialéctico buscado que une la materia y la conciencia. No es aún la sensación, pero es una propiedad de la materia que en el curso del desarrollo puede convertirse en la sensación.

Lenin expresa de modo más completo esta idea en su polémica con el machista Pearson, quien había manifestado que: "Es ilógico afirmar que toda materia es conciente". Oponiéndose a este punto de vista, Lenin afirma: "...pero es lógico suponer que toda la materia posee una propiedad esencialmente semejante a la sensación, la propiedad de reflejar" [26].

Lenin emplea aquí la expresión "es lógico suponer". Pero la necesidad lógica del proceso cognoscitivo es el reflejo de la necesidad del mismo mundo real. "... La sucesión del pensamiento —decía Engels— en todos los tiempos debería ayudar al avance de los conocimientos aún insuficientes" [27].

A la luz de estos principios podemos pasar al examen de la información en función de su contenido. Destacando que su sustrato

otro, las particularidades de los procesos del primer sistema se reproducen de otra manera en las particularidades de los procesos del segundo sistema, y en tanto que la forma de esta reproducción, la forma del reflejo elemental, está determinada por el sistema reflector, y el contenido del reflejo, la variación del cambio producido en el sistema reflector, será determinado por el sistema reflejado." (*Problemas filosóficos de la cibernética*, Moscú, 1961, pág. 117).

26 V. Lenin, *ob. cit.*, t. XIV, pág. 91.

27 F. Engels, *Dialéctica de la naturaleza*, ed. rusa, pág. 16.

es la propiedad del reflejo, volveremos a comparar de nuevo los conceptos de información y energía. Como es sabido, Engels consideraba la energía como la medida del movimiento. En este plano se puede considerar la cantidad de información como la medida del reflejo. Aquí surge una pregunta natural: ¿la medida de qué característica del reflejo se expresa en la cantidad de información? A nuestro parecer, en la información, y precisamente en la estructura de sus símbolos, se expresa el ordenamiento del reflejo. En este sentido la información se vincula con un reflejo ordenado. El ruido, por consiguiente, se vincula con un reflejo desordenado, caótico. La cantidad de información es la medida del ordenamiento del reflejo, la cantidad de ruido es la medida del desorden del reflejo. Esta fórmula no representa, por cierto, una definición acabada de la información. Sólo traza el camino metodológico por el cual se puede llegar a elaborar una definición científica concreta, que tenga en cuenta el sustrato cualitativo de la información.

Con este planteamiento de la cuestión disminuyen al instante diversas dificultades existentes en la teoría de la información. Ante todo se revela la naturaleza común de la información y el ruido. Al poner de manifiesto la limitación con que la física del siglo XIX considera el concepto de energía, F. Engels señalaba que el mismo carecía de principios opuestos, y afirmaba que "el término «energía» no expresa correctamente, por cierto toda la relación de movimiento, en cuanto sólo considera un momento, la acción, pero no la reacción" [28].

El enfoque del concepto de reflejo que proponemos supera esta deficiencia, puesto que se considera dos modificaciones del reflejo, que son opuestas y al mismo tiempo se hallan vinculadas entre sí: la información y el ruido.

Además, se resuelve el problema relativo a la naturaleza cualitativa de la información. El mismo nexo entre entropía y cantidad de información cobra más contenido y profundidad. Si la entropía negativa expresa el ordenamiento de la sustancia material, la cantidad de información caracteriza la medida en que está ordenado el reflejo.

Vinculando la propiedad del reflejo con el ordenamiento, Lenin reitera el juicio de Diderot, quien considera la aptitud de la sensación como "una propiedad universal de la materia o el producto de su organización". La experiencia secular de la humanidad

28 *Ibid.* pág. 54.

prueba la unidad de la sustancia material y de todas sus propiedades: espacio, tiempo, movimiento, reflejo. Esta tesis es un principio importantísimo del monismo materialista dialéctico. Pero puesto que la sustancia material y la propiedad del reflejo forman una unidad, la expresión de su ordenamiento —entropía negativa y cantidad de información— forman también una unidad. Por consiguiente, como primera conclusión metodológica podemos formular la tesis de que el nexo entre entropía negativa (que caracteriza el ordenamiento de la materia) y la cantidad de información (que caracteriza el ordenamiento del reflejo) representan una importantísima expresión y confirmación de la unidad de la materia y sus propiedades.

Como segunda conclusión de nuestro examen debemos destacar que en el concepto que define el nexo entre entropía negativa y cantidad de información tiene un nuevo desarrollo el principio fundamental del contenido físico de los modelos matemáticos, establecido, ya por I. Newton. De acuerdo con este enfoque, la coincidencia entre las fórmulas matemáticas que expresan la entropía negativa y la cantidad de información no puede resultar casual.

La tercera conclusión metodológica es de fundamental importancia para fundamentar la cibernética. La categoría fundamental de la cibernética que establece la unidad de los procesos de dirección y comunicación — tiene su fundamento en el concepto de información como reflejo. La dirección es un proceso que ordena objetos materiales; la información está relacionada con un ordenamiento de la propiedad del reflejo que expresa las leyes que rigen el movimiento de la materia; por consiguiente, es natural que del nexo entre sustancia material y reflejo surja la unidad de los procesos de dirección e información.

Por consiguiente, el concepto del vínculo entre entropía e información se funda en la doctrina monista del materialismo. Como ya hemos señalado, los creadores de la cibernética adoptan espontáneamente el principio de la unidad del mundo. A su vez, las conquistas de la teoría de la información desarrollan la doctrina materialista dialéctica, sobre la unidad del mundo, la elevan hacia un grado nuevo y superior.

3. *Algunas perspectivas del desarrollo de la teoría de la información.*

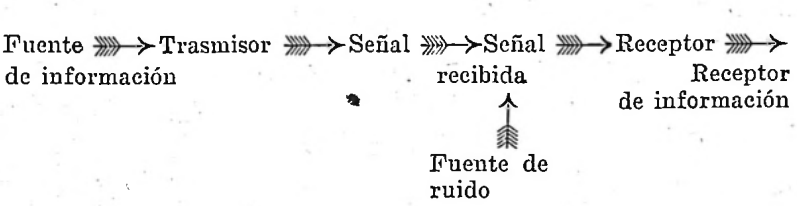
Hasta el presente la teoría de la información sólo ha dado sus primeros pasos, pero, no obstante, en cuanto a perfeccionar los mé-

todos de codificar la información, calcular la capacidad de los canales, etc., ha logrado ya importantes resultados. Al mismo tiempo, actualmente ya se han manifestado, hasta cierto punto, las dificultades esenciales con que tropieza la forma contemporánea de la teoría de la información. A la luz de estas circunstancias es conveniente investigar las perspectivas de su desarrollo.

Hay que tener presente, por cierto, que el análisis filosófico de las perspectivas que presenta el desarrollo de la teoría científica no puede dar solución acabada al problema de los procedimientos por los que se desarrollará esta teoría, y ni siquiera debe proponerse este objetivo. En el análisis filosófico sólo podemos revelar con más precisión las dificultades que deben ser superadas durante el posterior desarrollo de la misma teoría especial. El análisis filosófico de las perspectivas de la teoría científica implica la consideración de algunas posibilidades que se advierten en su evolución, dejando que la investigación experimental especializada elija entre estas posibilidades.

Partiendo de estas nociones, consideraremos al principio en esta sección, algunas perspectivas que se observan en la práctica de la trasmisión de la información, dado que el perfeccionamiento de los medios para la trasmisión de informaciones ejerce una influencia esencial sobre la teoría, y luego examinaremos algunas posibilidades relativas al desarrollo de la teoría misma de la información.

De acuerdo con los conceptos modernos, el sistema generalizado de la comunicación puede representarse con el siguiente esquema:



Durante el futuro perfeccionamiento práctico de los medios para trasmitir información, se mejoraran todos los elementos del sistema de comunicación.

Esta tarea es de suma importancia para construir la base técnico-material del comunismo. En el Programa del PCUS se afirma lo siguiente: "Alcanzarán mayor desarrollo aún todas las *comunicaciones* (correos, radio y televisión, teléfonos y telégrafos). Todas las

zonas del país dispondrán de excelentes comunicaciones y se montará en ellas una red de estaciones de televisión intervinculadas" [29].

Se alcanzará una óptima correlación entre los dos caracteres contradictorios de los sistemas de comunicación: *efectividad* (la comunicación se trasmite por los medios más económicos, lo cual se logra mediante la codificación) y *seguridad* (estabilidad ante los ruidos y deformaciones).

Es de gran importancia práctica elevar la capacidad del canal de comunicación. En la teoría de la información se denomina canal de comunicación al medio utilizado para desplazar la señal desde el extremo trasmisor del sistema hasta el receptor. Si la cantidad de información que se acumula en el extremo trasmisor supera en mucho a la capacidad del canal, tendremos una trasmisión con creciente demora. W. Ashby presenta el siguiente ejemplo: si mientras se acumulan artículos no se aumenta la cantidad de publicaciones, éstas podrán publicar alguna vez cualquiera de los artículos, pero esto se hará con demora cada vez mayor.

Para el desarrollo de los medios de comunicación es muy importante no sólo elaborar los métodos de codificación, aumentar el volumen de la memoria, etc., sino también desarrollar los procedimientos técnicos que se utilizan para trasmitir la información.

Analizaremos cuatro tendencias que se manifiestan en el perfeccionamiento de los medios de comunicación, cuyas perspectivas ya se han puesto de manifiesto en la actualidad y cuyo desarrollo tendrá efectos de suma importancia para la teoría de la información.

La primera de esas tendencias está vinculada con la utilización del fenómeno de la superconductividad. Al trasmitir información mediante señales eléctricas, surgen grandes dificultades a causa del llamado ruido térmico. Debido a la resistencia del conductor, durante el pasaje de una corriente eléctrica se produce cierto calentamiento, lo que determina una deformación adicional de la señal trasmitida. Esta circunstancia complica forzosamente la tarea de la teoría de la información, en lo que respecta a separar la información de su mezcla con el ruido.

Se puede mencionar el ejemplo de la historia de la radio, que caracteriza el mutuo nexo dialéctico de la información y el ruido telefonía. Durante el período inicial del desarrollo de la radio se empleaban las llamadas estaciones de chispeo. Con este sistema la trasmisión originaba tal ruido, que en 1940 se celebró un acuerdo

[29] *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 474.

internacional especial para suspender la explotación de dichas centrales en el mundo entero.

El empleo del fenómeno de la superconductividad en la técnica de las comunicaciones abre extraordinarias perspectivas para disminuir los ruidos originados por la resistencia de los conductores. En 1911, se estableció experimentalmente que, a temperaturas próximas al cero absoluto (—273,16° C), en algunos metales desaparece la resistencia eléctrica y se convierten en superconductores. El científico soviético N. N. Bogoliúbov elaboró en 1958 la teoría de este fenómeno complejo, y al mismo tiempo lo hicieron los investigadores norteamericanos.

En la actualidad se conocen los puntos críticos correspondientes a varios conductores, es decir, las temperaturas con las cuales se convierten en superconductores. Para algunas aleaciones, esta temperatura crítica es relativamente elevada. Por ejemplo, para la aleación del niobio y el estaño, la superconductividad comienza a 18,5° sobre cero absoluto, y las temperaturas de 20,5° sobre el cero absoluto pueden lograrse en la actualidad con relativa facilidad en proporciones industriales, ya que es el punto de ebullición del hidrógeno.

Nos acercamos al empleo práctico de los superconductores en los sistemas de comunicación. En estos sistemas, carentes de resistencia eléctrica, se eliminará el ruido térmico que deforma la información.

El elemento electrónico llamado criotrón, cuya parte fundamental es un núcleo de tántalo, sobre el cual se enrolla un finísimo alambre de niobio, para desarrollar los procedimientos destinados a conservar la información, ofrece amplias perspectivas. Cien millones de tales elementos ocupan un espacio del orden de un decímetro cúbico. Un sistema con un número de criotrones comparable con el número de neuronas del cerebro tendría aproximadamente las mismas dimensiones que el encéfalo humano. Estos datos prueban en forma concluyente cuán importantes son las perspectivas que existen para el empleo de esta clase de elementos en lugar de las lámparas electrónicas.

Para desarrollar los medios de comunicación tiene gran significación la creación de generadores cuántico-mecánicos de ondas correspondientes al diapasón óptico. Este dispositivo sorprendente genera un rayo verdaderamente milagroso, dirigido en forma exacta y capaz de superar las distancias cósmicas. Es cierto que por ahora las posibilidades de utilizar el generador de ondas del diapasón óptico

en los procesos informativos están limitadas porque aún no se ha resuelto el modo de trasmitir información por medio de este "rayo milagroso". Pero este problema será resuelto, por cierto, en un futuro próximo.

Por fin, la cuarta tendencia que se manifiesta en este campo, cuyas perspectivas son muy amplias, se relaciona con la automatización de los procesos informativos. En este sentido es muy ilustrativa la llamada comunicación entre diversas empresas que adquirió difusión bastante amplia en EEUU para automatizar la actividad mercantil. Se trata de un medio de comunicación para trasmitir informaciones elaboradas mediante máquinas o creadas como resultado de la acción de las máquinas. La característica principal de esta comunicación es que exige una exactitud absoluta, porque la inexactitud, aunque sólo fuera de un signo, en la información administrativa, hace perder por completo su valor. En una compañía norteamericana, por ejemplo, hay un sistema cerrado de comunicación que une 60 puntos de todo el país. En este sistema de comunicación se envían por canales telegráficos despachos de corriente constante, mediante los cuales se trasmiten al núcleo central de cálculo informaciones horarias y diarias sobre la producción en cálculos monetarios, etc.

En la organización socialista planificada de la sociedad adquiere gran importancia la estructuración de un sistema único (en escala nacional, y luego en la escala de todo el mundo socialista) para trasmitir la información. Al referirse a la importancia de esta tarea para el desarrollo de nuestra sociedad, V. Roguinski, en la obra *Problemas científicos de la estructuración de un sistema único para trasmitir la información,* señala que aún no podemos valorar las consecuencias que tendrá el perfeccionamiento de los medios de comunicación para toda la economía nacional [30].

La automatización de los medios de comunicación es de particular importancia, porque el significado de la información en todos los campos de la actividad humana adquiere contornos verdaderamente grandiosos. En algunos dominios de la química, por ejemplo, el 94,5 por ciento del tiempo del investigador se destina a adquirir informaciones ya existentes. En el Instituto de información científica trabajan ya, en la actualidad millares de informadores, y si no

30 Ver *Boletín de la Academia de Ciencias de la URSS,* 1962, núm. 1, pág. 36.

se perfecciona de manera radical la labor informativa, dentro de 100 años la cifra deberá elevarse a varios millones.

En la dirección el papel de la información tiene colosal importancia. Según datos del Consejo Central de Dirección, el personal de administración y dirección que en 1959 trabajaba en la economía nacional llegaba a 5.554.000 de personas. En nuestra época, la inversión de trabajo para la dirección del proceso social es comparable con los gastos para la producción directa. La mecanización del trabajo de administración y dirección mediante máquinas informativas es tarea de suma urgencia.

Junto con el desarrollo de los medios técnicos de comunicación, que reducen los gastos energéticos que demanda la trasmisión de informaciones, y eleva la velocidad y seguridad de este proceso, corresponde a la teoría un papel muy importante en la conducción de los procesos informativos.

Sin embargo, para la estructuración *práctica* del sistema de comunicaciones, la teoría de Shannon sobre la codificación óptima de la información no dio hasta ahora óptimos resultados. Ello se debe a que los métodos de codificación de la información que exige dicha teoría son sumamente complejos y su realización práctica es onerosa. Por lo demás, el empleo de procedimientos de codificación óptima de la información sólo permite un leve incremento de la cantidad de información trasmitida en comparación con los procedimientos antiguos relativamente sencillos.

En la actualidad es generalmente admitido que para revelar los métodos que requiere el dominio creciente de los procesos de información tiene suma importancia el perfeccionamiento de la teoría de la información, y que, ante todo, es necesario superar el carácter puramente formal de la teoría actual. Surgida como resultado del estudio de la capacidad de canal, esta teoría es formal por su estructura, y como ya lo señaláramos sólo aborda la información, desde un ángulo cuantitativo. Para la teoría actual es indistinto qué es lo que se trasmite, porque su estudio de la información se limita sólo a la cantidad de señales que ocupan el volumen del canal de comunicación. Por eso, todas las comunicaciones de 100 señales son equivalentes, ya sea que expresen algún descubrimiento científico o un texto de la Biblia. En este sentido es característica una situación descrita por Julio Verne: uno de sus héroes, a fin de impedir que sus competidores trasmitieran algunas comunicaciones importantes, sencillamente ocupó el telégrafo para comunicar un texto de la Bi-

blia. El canal estaba ocupado, y no se podía trasmitir por él ninguna otra información.

Pero ahora es cada vez más urgente la tarea de crear una teoría de la información por su contenido, que considere a la misma desde el ángulo cualitativo.

En esto, a nuestro parecer, se pueden tomar dos caminos. El primero es el de elaborar métodos formalizados para el cómputo del sentido de la información; el segundo consiste en revelar el contenido mismo de los procesos informativos, y por consiguientes, estudiar la propiedad del reflejo. Estos dos procedimientos no se excluyen, sino que, por el contrario, se complementan recíprocamente.

En el primer camino se han emprendido diversas tentativas para perfeccionar la teoría de la información. Así, por ejemplo, el discípulo de R. Carnap, Bar-Hillel, intenta estructurar una teoría semántica de la información, sobre la base de considerar la categoría del valor de la información. Este enfoque, que en general es interesante, pierde gran parte de su mérito debido a la actitud subjetivista del autor, para quien el conocimiento no revela el valor auténtico de las mismas magnitudes físicas, sino la *estimación de este valor,* que depende del nivel de los conocimientos del sujeto que valora (no el *true value,* sino *a estimate of this value*) [31].

Son de gran interés los trabajos del investigador soviético A. Jarkiévich, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS. En los comentarios del libro de L. Brillouin titulado *Ciencia y teoría de la información,* aquél propone introducir la característica del valor de la información como incremento de la probabilidad de alcanzar un objetivo, debido a la obtención de la información. El mismo autor fundamenta con más detalle esta idea de la consideración del destinatario de la información en el sistema de comunicación, en la obra especial *El valor de la información,* donde se demuestra "la posibilidad de introducir relaciones cuantitativas en el problema relativo al valor de la información". De acuerdo con este enfoque, el valor de la información recibida se puede determinar de la siguiente manera:

$$I = \log_2 p_1 - \log_2 p_0 = \log_2 \frac{p_1}{p_0},$$ donde p_0 es la probabilidad de lograr un objetivo antes de obtener la información, y p_1 es la probabilidad de lograrlo después de obtener la información.

31 Ver *Cybernetics...,* pág. 48.

Analizando la obra de A. I. Jinchin, *Concepto de entropía y teoría de las probabilidades*[32] se puede extraer algunas consideraciones relativas al cálculo del valor de la información para el destinatario. En esta obra se examina la indeterminación de los esquemás finitos (es decir, el sistema completo de acontecimientos y sus probabilidades). En diferentes esquemas finitos hay diferentes indeterminaciones.

Por ejemplo:

$$\text{I} \begin{pmatrix} A_1 ; A_2 \\ 0{,}5 ; 10{,}5 \end{pmatrix} \quad \text{II} \begin{pmatrix} A_1 ; A_2 \\ 0{,}99 ; 0{,}01 \end{pmatrix} \quad \text{III} \begin{pmatrix} A_1 ; A_2 \\ 0{,}3 ; 0{,}7 \end{pmatrix}$$

Aquí A_1 ; A_2 son algunos acontecimientos, y los números colocados debajo de ellos son sus probabilidades; por ejemplo, en el esquema finito I están los acontecimientos A_1 y A_2, cuya probabilidad, por consiguiente, es 0,5 y 0,5. Vemos que la indeterminación del sistema finito III se encuentra en el intervalo entre la indeterminación de los esquemas I y II. Esta medida de la indeterminación del esquema finito se llama entropía del esquema finito y se denota con los símbolos H (A).

Se considera la información como función creciente de la magnitud H (A). "La elección de esta función —escribe A. I. Jinchin— significa la elección de tal o cual escala para la cantidad de información, y, por lo tanto, desde un punto de vista de principio puede considerarse indiferente". Por razones de conveniencia se acepta que aquí hay una proporcionalidad simple, y se toma como 1 el coeficiente de esta proporcionalidad. Entonces la cantidad de información dada por la realización del esquema finito es igual a la entropía de este sistema.

Sin embargo, si se introduce el coeficiente de proporcionalidad de la cantidad de información respecto de la entropía del esquema finito, no de una manera arbitraria, sino sobre la base de cierto criterio, se debería introducir el valor de la información. Entonces la cantidad de información sería cierta función de H (A), es decir f [H(A)], donde como coeficiente de proporcionalidad se podría tomar, por ejemplo, la desviación útil o perjudicial respecto de la línea de la homeostasis, lo cual se puede realizar o prevenir sobre la base de la información dada. Por consiguiente, cierta

32 Véase *Exitos de las ciencias matemáticas*, t. VIII, núm. 3, 1953; *Ibíd.*, pág. 7.

variante del criterio del valor de la información, propuesta por A. A. Jarkiévich, puede ser la desviación (con signo + o —), que se elimina mediante la información dada.

Al destacar la importancia de formular el criterio del valor de la información, Brillouin subraya que si se lograra revelar prácticamente el valor práctico relativo de la información (en la actualidad el mismo se determina en forma empírica en cada caso particular), aumentarían notablemente las posibilidades de utilización práctica de la teoría de la información. Entonces sería posible, sobre todo, eliminar las paradojas vinculadas con la teoría formal de la información .

Una de estas paradojas es examinada por Couffignal. Después de enviar un telegrama con n signos ($n>1$), el autor despacha otro que contiene uno de estos dos símbolos:

O: en el telegrama todo es falso, por consiguiente $I = O$, o

I: en el telegrama todo es cierto, por consiguiente sólo se incrementa la abundancia de información.

Vemos que en la práctica un solo símbolo puede ser más significativo que un sistema entero de n símbolos (donde $n>1$), en el cual, de acuerdo con la teoría formal de la información, la cantidad de la misma (correspondiente al número de símbolos), debe ser, por cierto, mucho mayor que la contenida en este sólo símbolo

De todo lo anterior se puede concluir que un método importante para perfeccionar la teoría de la información consiste en elaborar los criterios cuantitativos formalizados del cálculo de su valor para el destinatario.

Junto con el perfeccionamiento de los métodos formalizados para estructurar una teoría de la información por su contenido, puede tener importancia esencial la conjunción de esta disciplina científica con la física. Con esto se relaciona un segundo método para la elaboración de una teoría de la información por su contenido: el método de investigar la propiedad del reflejo. Así como ahora se constituye la física de las proteínas, se puede hablar de la "física del reflejo".

Cuando se analizan las perspectivas que presenta el desarrollo de las ciencias naturales, con frecuencia se opina que en el futuro la física cederá a la biología su posición dominante en las ciencias naturales. A nuestro parecer, a medida que vaya progresando el conocimiento, el papel rector de la física no sólo no se anulará, sino que, por el contrario, se consolidará más aún. Por lo demás, la física se generalizará en nuevos campos no físicos, en los que sus métodos de investigación darán resultados cada vez más fecundos.

Se pueden presentar tres importantes argumentos para demostrar que no podrá desaparecer el papel dirigente de la física en las ciencias naturales.

1. La física está vinculada con la forma básica del movimiento. Esta forma de movimiento en su conjunto no puede ser históricamente transitoria. La imposibilidad de eliminar esta forma de movimiento caracteriza la eternidad de la materia; en el universo existen sistemas materiales sin las formas química, biológica y social del movimiento, pero no sin la forma física.

2. La forma física del movimiento sirve de base de todas las otras formas naturales del movimiento de la materia. Por consiguiente, los resultados de la física son esenciales para todas las otras ciencias naturales.

La investigación de los campos suprafísicos permite revelar de modo más cabal sus rasgos específicos cualitativos en comparación con los campos habituales de la física.

3. La investigación de tal o cual campo suprafísico a la luz de la física, permite aplicar la matemática con más éxito y amplitud en este campo y, ofrece un contenido básico para esta aplicación.

En este plano hablamos de elaborar una teoría de la información por su contenido, como desarrollo de la "física del reflejo". La posibilidad de incluir en la esfera de la física la propiedad de reflejo fue admitida por S. I. Vavílov, cuando escribió, ya en 1935: "Puede ocurrir que la física futura incluya como fenómeno primario y más simple, la «aptitud análoga a la sensación», y que sobre esta base pueda explicar muchas otras cosas". El hecho de reconocer la información como un objeto real hace que tal planteamiento del problema resulte legítimo.

En este sentido surgen dos problemas orgánicamente vinculados entre sí. En primer lugar, el que se refiere a las vías para la extensión de los resultados básicos de la física al campo del reflejo. En segundo lugar, la necesidad de trazar, de la manera más general, los rasgos específicos que distinguen a la información de los otros objetos reales y que deberán influir sobre el desarrollo de la "física del reflejo".

Como ya señaláramos, en el trabajo inicial de L. Szilard y R. Hartley, el nexo entre el estudio de la información y el de la física era en extremo evidente. En la ya mencionada obra de R. Hartley, por ejemplo, hay una sección especial titulada "El problema en relación con la acumulación de energía", en la que se formula la conclusión de que la acumulación de energía es inversamente proporcional a la

velocidad de trasmisión de la información, y que la acumulación de energía en partes aislantes del sistema es la causa de la deformación. La teoría matemática de la información de C. Shannon, que se ocupa exclusivamente de la cantidad de información, deja de lado el estudio físico de la información en función del contenido. Recientemente han vuelto a tomar impulso las investigaciones que vinculan la teoría de la información con la física.

Por lo visto, en el desarrollo de las teorías científicas se manifiesta una forma peculiar de negación de la negación: la naciente investigación física queda relegada a un segundo plano por el rápido desarrollo de los métodos matemáticos, lo cual trae como resultado que luego, en un nivel más elevado, replanteen los problemas relativos al contenido físico de los fenómenos estudiados. Una vía muy común en el desarrollo de las teorías científicas consiste en explicar primeramente el contenido físico del fenómeno mediante una formalización sumaria, para luego cumplir la ulterior profundización de dicho contenido. La amplitud con que se cumple esta ley del desarrollo de las teorías científicas se puede demostrar mediante hechos muy ilustrativos de la historia de la ciencia.

En la época de Newton, el célebre físico inglés Hook y muchos otros se empeñaban en demostrar qué es la gravedad en cuanto a su contenido, cuál es su portador. Newton renunció a este planteo de la cuestión y elaboró sus *Principios matemáticos de filosofía natural,* donde enuncia una teoría matemática formal de la gravedad. Sin embargo, en nuestra época surge de nuevo el problema relativo al contenido físico de la gravedad bajo la forma de la tentativa de explicar la naturaleza del campo gravitatorio.

Al investigar el nexo de la física y la teoría de la información, es conveniente recurrir en primer término a la obra de L. Brillouin intitulada *Ciencia y teoría de la información.* Al caracterizar los principios teóricos de su obra el autor afirma lo siguiente: "Es tan íntimo el nexo con la termodinámica, que para los fines de la coherencia y la integralidad es imprescindible una teoría *física* de la información. La demostración de esta tesis es el objeto de este libro" [33].

Ya señalamos que son fecundas las tentativas de L. Brillouin para vincular la teoría de la información con la física contemporánea. Sobre todo llama la atención su esfuerzo por fundamentar el problema de la correlación entre energía e información. Afirma que la informa-

[33] L. Brillouin, *Ciencia y teoría de la información,* pág. 378 (el subrayado es mío. - *I. N.*).

ción no es costosa desde el punto de vista de los gastos energéticos necesarios para su obtención. Pero esto se explica porque por ahora se requiere relativamente poca información. En el libro se expone una analogía histórica justa: así como los efectos de la teoría de la relatividad al comienzo sólo parecieron agregados insignificantes a la física clásica, también ahora los gastos necesarios para obtener información pueden parecer insignificantes. Sin embargo, la aplicación de mediciones muy exactas a distancias muy pequeñas, cuestión que el libro estudia detalladamente, confirma la conclusión de que los gastos energéticos necesarios para la información son elevados. L. Brillouin [34] señala que "la relación entre energía e información, tarde o temprano aparecerá en primer plano".

El autor generaliza el principio de Carnot al campo de la teoría de la información y se formula una conclusión según la cual el incremento del gasto de energía es mayor que la información obtenida.

A este respecto, Brillouin reconoce en la teoría de la información un problema semejante al de relación de incertidumbres en la mecánica cuántica, según la cual no se puede medir con exactitud al mismo tiempo la velocidad y la posición de las micropartículas. El defecto de ese capítulo, a nuestro parecer, está en los elementos de agnosticismo con que se aborde la relación de incertidumbre cuando establece los "límites físicos de la observación". (ver cap. 16).

El autor, seducido por conocidas teorías subjetivistas, vincula esos "límites físicos de la observación" con la influencia perturbadora de la acción del observador que modifica el objeto observado. Extrae así la conclusión de que obtenemos la información, a expensas de incrementar la entropía del sistema (aumento del desorden) debido a nuestra influencia sobre él en el trascurso de la observación. Como ya se ha señalado en nuestra literatura, no se puede considerar que sea fructífero el atribuir carácter absoluto a la influencia perturbadora de la observación [35]. Al analizar las posibilidades de la observación, hay que tener en cuenta el desarrollo de la teoría científica, que revela de modo más profundo las contradicciones internas de los objetos, y también el progreso de los mismos medios de conocimiento. Entonces no llegaremos a una conclusión que acepte los límites absolutos de la observación.

Al referirnos a los fecundos resultados de los esfuerzos por

34 L. Brillouin, *ob. cit.*, pág. 379.

35 Ver M. E. Omelianovski, *Problemas filosóficos de la mecánica cuántica*, Moscú, 1956. [Hay ed. en castellano, edit. Univ. Autonoma de México. *Ed.*].

vincular la teoría de la información con la física contemporánea, cabe señalar otra deficiencia en el punto de vista de L. Brillouin: proyectaba al campo de la información los resultados ya logrados por la física. Sin embargo, la ampliación de la teoría a un nuevo campo por lo común coincide con el desarrollo, con la generalización de esa misma teoría, y esto también es válido en cierto sentido para el problema que estamos considerando.

Al caracterizar las deficiencias de la teoría contemporánea de la información, Jarkiévich, en su *Esbozo de una teoría general de la información*, escribe lo siguiente: "... a pesar del rápido ritmo de su desarrollo, la teoría general de la comunicación aún no ha sido completada en su estructura básica. Llama la atención, sobre todo, que hasta ahora no exista un *sistema de leyes generales del tipo de las leyes de conservación*, que son características de muchos dominios ya formados del conocimiento. La existencia de leyes de este género, específicas de la comunicación, se percibe intuitivamente. Sin embargo, tales leyes aún no han sido halladas ni formuladas" [36].

A nuestro parecer, se trata de un juicio muy interesante. En verdad, el problema de extender y generalizar las leyes de conservación al campo de la teoría de la información es digno del más detenido examen. Con mayor razón aún, si se considera que en la literatura frecuentemente se niega sin mayores argumentos, la posibilidad de aplicar las leyes de conservación al campo de la teoría de la información.

Se razona de la siguiente manera: si alguien pronuncia una conferencia ante un grupo de estudiantes, el conferenciante mismo no pierde la información que les trasmite. De ahí puede surgir la idea de que las leyes de la conservación no se aplican a la información. Sin embargo, hay que tener en cuenta la delimitación introducida por L. Brillouin entre información absoluta (que no depende del número de personas que la poseen) e información distribuida, que es igual a la información absoluta, multiplicada por el número de personas que poseen la información. En nuestro ejemplo, la cantidad de información absoluta se conserva. Luego, en los procesos informativos hay magnitudes que se conservan, por lo cual es desde todo punto de vista legítimo el planteamiento del problema relativo a las leyes de la conservación en este campo.

Después de este comentario previo veamos la situación del con-

36 A. Jarkiévich, *Esbozo de una teoría general de la informaeión*, Moscú, 1955, pág. 89 (la cursiva es mía. - *I. N.*).

ferenciante y su auditorio bajo otro aspecto, el del contenido del fenómeno que se considera. En este plano es conveniente analizar el efecto conjunto de la información y el ruido en un sistema cerrado. Siguiendo con nuestro ejemplo se considera el auditorio como un sistema cerrado, la información distribuida aumenta a expensas de la disminución del ruido en el sistema. Por consiguiente, la información tiende al máximo, con un ruido que tiende a O. Sobre esta base se puede formular una ley aditiva de conservación del reflejo (ordenado y desordenado). $I + N =$ constante, donde I es la magnitud que caracteriza la información, y N es la magnitud que caracteriza el ruido *dentro* del mismo sistema inicial de la palabra inglesa *noise*, ruido,

Se pueden presentar dos argumentos esenciales en favor de este planteamiento de la cuestión: 1) la magnitud sumada de los análogos termodinámicos de la información y el ruido —entropía y entropía negativa— en un sistema cerrado es constante; 2) la información y el ruido, como se reconoce en la teoría moderna de la información, son de la misma naturaleza, y entre ellos pueden producirse transiciones mutuas.

Al referirse a las características probables de la señal y el ruido, A. Jarkiévich señala que en la teoría de la información se supone que la señal y el ruido poseen propiedades uniformes[37]. Al subrayar que al polo receptor del sistema de comunicación llega una mezcla de información y ruido ($I_1 = I + I_n$, donde I_1 es la mezcla de información y ruido; I es la información; I_n es la perturbación, el ruido). A. A. Jarkiévich indica que para I (información buscada) será correcta la fórmula $I = I_1 - I_n$[38]. Esta idea, que reconoce el carácter común de las características probables de la información y el ruido, puede probar que entre ellos existe no sólo una unidad matemática formal, sino también de contenido. Como primer fundamento general de esta unidad de la información y el ruido proponemos la propiedad del reflejo, cuya magnitud debe conservarse en un sistema cerrado.

El investigador holandés J. F. Sjouten aborda en forma análoga el reflejo en su obra *Conocimiento, desconocimiento e información*, cuando afirma que "el experimento modifica el conocimiento y el desconocimiento de acuerdo con magnitudes iguales, pero con signos opuestos. Por consiguiente, la suma total del conocimiento y el des-

37 Ver A. A. Jarkiévich, *ob. cit.*, pág. 42.
38 *Ibíd.*, pág. 41.

conocimiento permanece invariable. En la mayoría de los casos el desconocimiento disminuirá y el conocimiento aumentará''[39]. Hay aquí un enfoque aditivo del conocimiento y el desconocimiento. Pero si se considera a estos últimos como formas del reflejo, la semejanza con nuestras concepciones resulta evidente.

Es muy importante considerar aquí una objeción que se formula contra este planteamiento del problema. Es sabido que si por el canal va más información, habrá más ruido. Sin embargo, este ruido del canal es externo con relación al sistema de señales que trasmite la información. Pero si se considera este sistema de señales como relativamente independiente y cerrado, al aumentar la información, el ordenamiento de las señales se incrementa, y, por consiguiente, disminuirá el ruido (elementos de desorden) que hay en este conjunto de señales.

Puede resultar que tal conservación aditiva de la información y el ruido en el sistema cerrado no agote todos los aspectos del problema. Pero incluso en este caso no se evita la necesidad de investigar las relaciones reales y transiciones mutuas de la información y el ruido.

Esta circunstancia disipa toda duda con respecto a la necesidad de investigar las leyes de la conservación en el campo de la teoría de la información.

Confirma esta interpretación la analogía con la unidad del primero y el segundo principio de la termodinámica. Por consiguiente, si en la teoría de la información rige cierta generalización del segundo principio de la termodinámica, se puede suponer que en esta teoría también ha de valer cierta generalización de las leyes de la conservación, o sea del primer principio.

El enfoque que proponemos también adquiere una importante fundamentación en la analogía con la ley de la conservación de la energía. En efecto, la ley física de la conservación de la energía fue establecida sólo cuando en el sistema cerrado se llevó a cabo el cómputo aditivo de todas las formas de energía que se trasforman una en otra. Pero si examináramos una forma cualquiera de energía, tomándola por separado, no lograríamos mostrar su conservación en el sistema cerrado.

Todo esto indica que no hay base para establecer una diferencia absoluta entre el enfoque energético y el informativo. Podemos concluir que el primer aspecto de la tarea de estructurar una ''física del reflejo'', vinculada con la extensión a este campo de las leyes e ideas

[39] Ver *Teoría de la trasmisión de las comunicaciones*, pág. 26.

fundamentales de la física, ante todo requiere que se establezcan las leyes de la conservación específicas de esta esfera del mundo real.

Ahora pasaremos a considerar algunas ideas generales relativas al carácter específico de los procesos informativos y los métodos posibles para generalizar los resultados de la física, mediante este tipo de generalización, y con los medios de la física.

Lo específico de los procesos informativos ha sido estudiado hasta ahora de modo muy restringido, porque es evidente que la solución consecuente de este problema sólo resultará posible, merced al proceso de estructuración de una teoría de la información que considere su contenido. Sin embargo, los datos ya existentes permiten plantear con carácter previo tres cuestiones metodológicas fundamentales, vinculadas con lo específico de los procesos informativos:

1. La naturaleza antientrópica de la información.
2. Los caracteres específicos del tiempo de los procesos informativos.
3. El carácter del desarrollo de los procesos informativos y la naturaleza de su estadística. El análisis detallado de estos problemas sale de los límites de este trabajo; aquí sólo podemos formular algunas consideraciones básicas.

1. Al analizar la física de los procesos informativos, hay que tener en cuenta la naturaleza antientrópica de la información.

En su intervención ante la I Conferencia soviética sobre problemas filosóficos de las ciencias naturales, G. I. Naan, miembro de la Academia de Ciencias de la URSS, con razón, señaló la importancia de investigar los factores antientrópicos del universo. Si se parte de la idea de la extensión infinita del atributo del reflejo en el universo, se puede formular la conclusión de que los procesos informativos son un factor cósmico antientrópico de suma importancia.

Por su naturaleza antientrópica, la información hasta cierto punto puede compararse con la fuerza de trabajo, considerada como mercancía. Así como en la sociedad capitalista el valor de uso de la fuerza de trabajo es mayor que su valor de cambio, el efecto antientrópico de la información es mayor que el gasto que insume su obtención. Aquí, por cierto, no se trata de que las leyes de la conservación se apliquen en el dominio de la información. Simplemente, por lo visto, a semejanza de la fuerza de trabajo, la información es de naturaleza dual: los gastos necesarios para su reproducción ("valor de cambio" de la información) son menores que su capacidad para contribuir al ordenamiento del medio.

La actividad ordenadora del hombre, vinculada con el empleo de

la información obtenida, tiene carácter antientrópico, o sea que disminuye el desorden del medio determinante. S. Marshak describe vivamente esta naturaleza antientrópica del hombre en una de sus poesías:

> Después de un breve tiempo de penas y esfuerzos
> Sobresaltos, tristezas, alegrías y meditaciones
> Reflejaste el universo en el corazón
> *Y supiste trasformar el ruido en música*[40].

La información se relaciona con la libertad. El incremento de la información implica el aumento del número de "grados de libertad" de la conducta humana; cuanto más amplia es la información, en mayor grado podemos proceder con conocimiento de causa, es decir, con libertad.

Este es un aspecto más del problema del nexo entre información y dirección. A igual que la información, la dirección es de carácter antientrópico, representa una realización efectiva de las posibilidades antientrópicas suscitadas por la información. Si la información caracteriza la posibilidad del efecto antientrópico, la dirección asegura su trasformación en realidad. La dirección puede definirse en este sentido como el proceso de reducción (conservación) de la entropía de cierto dominio cerrado. De acuerdo con este enfoque, la unidad de dirección e información se funda en que constituyen dos aspectos orgánicamente relacionados con la antientropía.

La física de la información es la física de los procesos antientrópicos, mediante la cual podemos revelar aspectos aún desconocidos de los procesos del desarrollo de la materia, y la propiedad del reflejo, que le es constitutiva.

2. El problema del tiempo de la información fue planteado por el filósofo idealista de Alemania occidental E. Wasmuth, en la obra que ya hemos mencionado, la forma está distorsionada. Con arreglo a su programa de abordar en forma mística la información, relegándola a un "mundo" particular, separado de la materia, considera también el "tiempo de la información" como algo totalmente ajeno al tiempo común de los procesos materiales. E. Wasmuth vincula la información con una segunda medición del tiempo, merced a la cual se podría obtener información del futuro. Z. Rovienski, A. Uiómov y E. Uiómova critican este punto de vista erróneo de E. Wasmuth en

[40] S. Marshak, *Obras en cuatro tomos*, t. II, Moscú, 1958, pág. 69 (la cursiva es mía. - *I. N.*).

la obra *Máquina y pensamiento*. Sin embargo, al señalar la inconsistencia de las concepciones de E. Wasmuth, que conducen hacia una separación y oposición místicas entre tiempo de información y tiempo de la materia, también consideramos importante destacar al mismo tiempo que el planteamiento del problema relativo a cierta peculiaridad de las características temporales de los procesos informativos, a nuestro juicio, tiene su justificación.

3. El desarrollo de la información y el carácter de su estadística dependen del contenido de los procesos informativos. En general, un rasgo característico de la ciencia contemporánea es que la categoría del contenido material tiene una creciente importancia en el proceso cognoscitivo.

Por ejemplo, la mecánica cuántica indica que las mismas leyes del desarrollo dependen de los caracteres específicos de los objetos materiales a los cuales corresponden estas leyes. Por lo visto, en el dominio de la teoría de la información también hallamos leyes estadísticas *específicas*, que caracterizan el "dualismo" del reflejo (información y ruido), así como lo específico de la estadística de la mecánica cuantica se vincula con el "dualismo" de los microobjetos (partícula y onda). Todo esto, por cierto, es aún muy problemático; sólo esboza uno de los métodos posibles para descubrir los rasgos específicos de las leyes que rigen el desarrollo de la información.

Sin embargo, ya se puede refutar el punto de vista de N. Wiener cuando sostiene que hay pérdida de información en un solo sentido, lo cual daría origen a una peculiar "muerte informativa", análoga a la "muerte térmica" de Clausius.

En verdad, a nuestro juicio, tiene lugar un círculo dialéctico de la información y el ruido, con transiciones mutuas de ambos en el proceso del desarrollo, como resultado de lo cual la pérdida de información que se produce en un lugar puede restablecerse en condiciones diferentes, en otro sitio. Una clave para resolver este problema puede hallarse en las profundas indicaciones de F. Engels sobre la conservación de la energía, no sólo en el sentido cuantitativo, sino también en el cualitativo, que superan la idea errónea sobre la "muerte térmica" del universo. Se trata de otro hecho esencial que comprueba cuán fecundas son las ideas metodológicas del materialismo dialéctico para el desarrollo de la teoría de la información.

Al analizar los problemas filosóficos de la teoría de la información se pueden formular diversas conclusiones.

1. El impetuoso desarrollo de la teoría matemática de la información no exime de estudiar la información desde el punto de vista de su contenido. Esta tarea es de la mayor importancia, sobre todo porque entramos en una época en que el papel de la información se torna cada vez más esencial.

2. El contenido esencial de los procesos informativos es la propiedad del reflejo, inherente, según Lenin, a toda la materia. Sobre esta base podemos complementar el concepto de cantidad de información con el concepto cualitativo de la misma.

3. Es evidente que durante el desarrollo futuro de la teoría de la información, junto con el perfeccionamiento de sus métodos matemáticos, tendrá cada vez más importancia su relación con la física. La "matemática de la información" se complementará con la "física del reflejo". El nexo y enriquecimiento mutuo de la física y la cibernética es una de las tendencias principales que seguirá el desarrollo del conocimiento científico natural. La filosofía del materialismo dialéctico, con sus ideas sobre la síntesis del conocimiento, ofrecerá una base metodológica para este desarrollo.

Capítulo III

NATURALEZA FUNCIONAL DE LA CIBERNETICA

Uno de los rasgos más característicos de la cibernética es su notable universalidad, la aptitud de esta disciplina científica para abarcar un amplio conjunto de los fenómenos más heterogéneos. Esta particularidad se debe, en gran parte, a que esta ciencia realiza un enfoque funcional del mundo. Semejante modo de abordar el estudio de los sistemas del mundo real tiene fundamental importancia, y por eso es conveniente que nos detengamos especialmente en su examen.

En la ciencia contemporánea se distingue el enfoque físico (energético) de los fenómenos, por el cual se estudia el proceso interno del fenómeno dado, los procesos de trasformación de la materia en energía, y el enfoque funcional, por el cual el análisis se limita a las funciones externas de los sistemas, su "comportamiento", sin examinar en especial las estructuras internas que forman la base de estos sistemas.

Al revelar los rasgos específicos de la cibernética como ciencia de los sistemas complejos, W. Ashby fundamenta el enfoque funcional de esa ciencia afirmando que los sistemas que estudia son tan complejos y dinámicos, que no tenemos la posibilidad de penetrar hasta su estructura interna y nos vemos obligados a investigarlos desde el ángulo de sus funciones externas. En efecto, al estudiar los sistemas complejos, este enfoque está justificado desde todo punto de vista, como primera aproximación al conocimiento científico de los mismos. Sin embargo, cabe destacar aquí, que si hoy la ciencia no posee todavía métodos poderosos para investigar el contenido interno, las conexiones causales internas de los sistemas dinámicos complejos, esto no significa en modo alguno, que tales métodos no se descubrirán en el futuro. Así como

hasta la fecha la cibernética ha elaborado los métodos para el enfoque funcional de los sistemas dinámicos complejos, mañana descubrirá otros para estudiar el contenido interno de estos sistemas.

W. Ashby identifica el enfoque funcional con la creación de una "ciencia rigurosa de la complejidad". Cabe señalar que este enfoque sólo representa la primera etapa del desarrollo de la ciencia sobre los sistemas complejos. Destacando el carácter relativo, históricamente transitorio del enfoque funcional de los sistemas complejos, ponemos de manifiesto, al mismo tiempo, el rasgo importante de su característica filosófica.

1. *Homeostasis y retroacción (feed-back).*

Para estructurar una teoría de los procesos de dirección hacen falta conceptos suficientemente generales, que caractericen el estado del sistema y revelen el mecanismo de su variación. Cumplen estos fines los conceptos de homeostasis y retroacción. Es conveniente investigar estos importantísimos conceptos de la cibernética del comportamiento como categoría.

Es esta categoría una de las más amplias que utiliza el conocimiento científico. Con este término denotamos el desplazamiento de un avión, las acciones del hombre, etc. Este concepto (como el de dirección, que hemos considerado en el capítulo I) también es antropomórfico, es decir, que surge en relación con las características de la actividad humana. Esto es natural desde todo punto de vista, porque la cibernética revela algunos rasgos generales del hombre y la máquina. Si se intenta caracterizar el comportamiento en su forma más amplia, se podrá dar la siguiente formulación: el comportamiento es el nexo temporal de los estados de un sistema dinámico complejo en condiciones externas determinadas.

El comportamiento del sistema está determinado por factores internos y externos. Pero cuando se habla de comportamiento en cibernética, se destaca, ante todo, la posibilidad de su ordenamiento mediante la información obtenida del medio exterior.

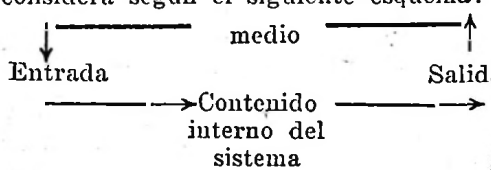
La peculiaridad de la cibernética, determinante de la amplitud con que la misma aborda el mundo, es precisamente la circunstancia de que esta ciencia investiga el comportamiento desde el ángulo de la relación mutua del sistema con el medio, como proceso de orientación en el mismo. Además, el comportamiento es el nexo de los estados internos propios del sistema en el tiempo, es de-

cir, que el comportamiento depende de las estructuras internas existentes en el sistema dado. Pero la cibernética hace abstracción de estas estructuras internas y se dedica sobre todo a investigar las interacciones del sistema complejo y el medio, o sea considera los aspectos externos del comportamiento.

Hay dos casos posibles en la relación mutua de un sistema cualquiera con el medio externo; en el primer caso el sistema es aplatado por el medio, la relación del sistema con el medio se perturba; en el segundo, la relación mutua entre ambos momentos se torna estable, dinámicamente equilibrada; el sistema no se diluye en el medio, pero tampoco rompe los vínculos con éste. Este segundo caso es el que se considera preferentemente en la cibernética.

La forma más importante de vinculación del sistema con el medio es la relación homeostática (de la palabra "homeostasis"). El término "homeostasis" deriva de las palabras griegas "homos", carga, y "statis", estado, estabilidad, y significa literalmente "mantenimiento de la carga en condiciones de estabilidad". En cibernética se llama homeostasis al proceso de equilibrio dinámico del sistema con el medio, es decir, el proceso de desarrollo de los caracteres específicos del sistema, en el cual se conservan sus rasgos determinantes en las condiciones cambiantes del medio externo.

El análisis preferente de las relaciones externas, que caracteriza a la cibernética, como ya señaláramos, está históricamente justificado. Así, por ejemplo, se puede considerar a la Tierra como un sistema, y entonces el Sol y todos los planetas serán el medio externo con respecto a ella. Pero si se investiga algún proceso biológico terrestre, la Tierra será el medio externo con relación a éste. Sin embargo, en lo que atañe a la cibernética, ésta se funda en las relaciones externas, y el comportamiento de los diversos sistemas se considera según el siguiente esquema:



donde la entrada es la señal que llega al sistema desde el medio y la salida es la reacción de respuesta del sistema ante esa señal.

Es de suma importancia destacar que a un mismo carácter

Universidad de Oviedo Seminario Filosofía

del ciclo (medio - entrada - salida - medio) puede corresponder un conjunto de estados internos del sistema. Por consiguiente, su comportamiento no se determina de modo equivalente por su contenido interno. Esta es la primera condición que hace posible el enfoque funcional y estadístico de la cibernética, puesto que el comportamiento se considera en una independencia relativa respecto de la estructura del contenido interno del sistema. En esto se funda la posibilidad de regulación homeostática.

La homeostasis tiene un límite inferior y otro superior; al pasar cualquiera de ellos, el sistema se destruye. Sin embargo, la existencia más activa y efectiva del sistema estará en las condiciones próximas al límite superior del estado homeostático. La circunstancia de que la homeostasis, en el gráfico de los estados del sistema, no se describe con un punto, sino con un intervalo que tiene un límite superior y otro inferior, es la que permite la regulación homeostásica. Al actuar sobre los parámetros de entrada del sistema, y considerando los correspondientes parámetros de salida, se alcanza su correlación óptima. En este plano se puede definir la optimación como la forma superior de homeostasis, cómo su límite superior.

Imaginemos un proceso tecnológico tal como se produce en un laboratorio químico. A una temperatura inferior a t no hay reacción; el receptáculo en el que se desarrolla la reacción no resiste una temperatura superior a t. Los métodos modernos de la cibernética no sólo permiten equilibrar este proceso, sino también determinar su régimen óptimo, en el cual, con gasto mínimo, se logrará la máxima producción.

Además, hay que señalar que no puede haber una interacción del sistema con el medio si el primero no posee una especificidad cualitativa interna, la aptitud para delimitarse del medio. Es esta circunstancia una condición importante del enfoque funcional de la cibernética. El sistema que pierde sus caracteres específicos cualitativos se disuelve en el medio, se funde con éste. Por ello, la relación mutua entre sistema y medio se investiga mediante el concepto de entropía.

Como sabemos, en la física estadística el concepto de entropía se considera como característica de un macroestado, en relación con el conjunto de microestados correspondientes. Pero también se la puede analizar desde el punto de vista de la interacción entre el sistema y el medio. Entonces la magnitud inversa de la entropía será la medida de la relación del sistema y el medio, la me-

dida de la delimitación del sistema con relación al medio, la medida en que el sistema conserva sus caracteres específicos cualitativos internos. N. Wiener decía que en el proceso del desarrollo la especifidad cualitativa de los fenómenos tiende a disminuir, y el mundo marcha hacia una "aburrida monotonía". Pero este juicio está en contradicción con la práctica, y proviene de suponer que el segundo principio de la termodinámica tiene carácter absoluto. En oposición a estas teorías pesimistas, del tipo de la teoría de la "muerte térmica" del universo, en la práctica se observa la unidad de la identidad y la diferencia, de la uniformidad y la diversidad. En cada esfera hay una delimitación relativa del sistema respecto del medio. Todos los sistemas no pueden fundirse, perder sus caracteres específicos cualitativos, y si algunos son aplastados por el medio, se disuelven en él otros, por el contrario, progresan, se desarrollan, acentúan sus caracteres específicos cualitativos.

En biología el problema de la homeostasis tiene particular importancia. No es casual que el concepto mismo haya surgido en las ciencias biológicas. El primero en emplearlo para caracterizar a los organismos vivos, fue el célebre fisiólogo norteamericano Cannon, autor del libro *La sabiduría del cuerpo.*

En la actualidad, la ciencia ha acumulado numerosos ejemplos de homeostasis. En el artículo intitulado *La poderosa fuerza de la vida* [1], el profesor A. Studiski se refiere a la regeneración, o sea a la capacidad de los sistemas vivos para restablecer partes destruidas de los mismos. Por ejemplo, de la superficie de nuestro cuerpo se desprenden sin cesar millones de escamas córneas, es decir, células cornificadas que se desgastan. Diariamente, de 1/90 a 1/30 de los eritrocitos y de 1/8 a 1/4 de los leucocitos dejan de existir en el torrente sanguíneo. Esto demuestra que la relación entre el sistema y el medio no es algo rígido, sino que representa un equilibrio dinámico vinculado con una interacción constante, un intercambio mutuo entre sistema y medio. La regeneración es justamente una manifestación esencial de los nexos homeostáticos de los organismos vivientes.

Anteriormente se suponía que cuanto más elevada es la organización de un sistema viviente, menor es su aptitud para la regeneración; pero en la actualidad la ciencia resuelve de otra manera este problema. Por ejemplo, hasta hace 15 años se consideraba que debido a su complejidad los músculos no se podían

1 Ver *Izvestia,* 23 de febrero de 1961.

restablecer. Al destruirse son remplazados por tejido conjuntivo, la cicatriz. Sin embargo, las experiencias del científico inglés Le Gross Clarck y sus colaboradores, han revelado que tal regeneración es posible. Los investigadores ligan algunos de los vasos sanguíneos que irrigan al músculo, con lo cual éste se atrofia. Luego se restablece la circulación sanguínea en el músculo, y éste se regenera por completo. Sin embargo, semejante resultado sólo se iograba haciendo que el músculo permanezca en reposo. Más asombrosas aún han sido las experiencias del profesor N. P. Sinitsin, de Gorki, quien mostró la posibilidad de regenerar el tejido muscular del corazón.

Durante el año 1950, la investigadora norteamericana Ruth Heigen, en el curso de experimentos que duraron seis meses, ha estudiado en cultivos el crecimiento y la reproducción de las células cerebrales. Los problemas de la regeneración, como los del equilibrio con el medio, son de particular importancia en la época actual, cuando, como señalara el profesor Studitski, "en el medio que nos circunda se manifiestan nuevas fuerzas destructivas que amenazan al hombre". Estas fuerzas se incorporan a nuestra vida con el desarrollo de la técnica, la creciente velocidad de los trasportes, el empleo de dispositivos vibratorios y ultrasónicos, nuevas sustancias químicas y, sobre todo, con la aplicación de nuevas formas de energía.

Sabemos que en el proceso de la evolución orgánica, la materia viva tiene una extraordinaria capacidad para adaptarse a las condiciones del medio. Inclusive el protoplasma celular se adapta hasta cierto punto a la radiactividad, aunque sólo fuera por el hecho de que en la composición del propio cuerpo humano entra una pequeña cantidad de isótopos radiactivos. Se puede suponer que esta adaptación del protoplasma a la radiactividad aumentará en el futuro dentro de ciertos límites. La capacidad de los organismos vivos para adaptarse a las condiciones cambiantes del medio ambiente y mantener el equilibrio con las mismas, también es propia del hombre, y no en grado mayor, sino menor. En esto nada hay que pueda sorprender, porque el hombre no está separado de la naturaleza, sino que es el producto superior de su desarrollo histórico. Se pueden presentar numerosos ejemplos de homeostasis de los organismos vivos y el medio. El más evidente es la temperatura del cuerpo de los animales de sangre caliente, que permanece constante a pesar de las grandes fluctuaciones térmicas del medio ambiente.

En estos ejemplos se trata de un equilibrio dinámico. Su característica principal es que se establece en el proceso de la actividad del organismo. Experiencias modernas (por ejemplo, los trabajos del profesor N. A. Bernestein sobre fisiología de la actividad) demostraron que el enemigo fundamental del envejecimiento, la fuerza principal que mantiene el equilibrio más efectivo del organismo humano con el medio, es precisamente la actividad. He aquí un experimento simple en este sentido; si se mantiene una carga pequeña con la mano extendida, ésta se cansa con bastante rapidez. Pero si se hace bajar y subir esta misma carga con la mano, el cansancio se siente después de un lapso mucho mayor. En este caso hay una correlación dinámica, propia de la homeostasis, entre las variaciones de los elementos del medio y los elementos del sistema.

El famoso modelo de Ashby, que denominara homeóstato, corresponde precisamente a este aspecto del proceso homeostático. En esta máquina el sistema hallaba precisamente los estados que conducían a la estabilidad, en condiciones variables del medio. Un sistema de este género tiene capacidad de elección; evita los estados que pueden conducir hacia un cambio irreversible de la estabilidad.

W. Ashby llamó ultraestables a estos sistemas. La ultraestabilidad es la forma superior de la homeostasis, que incluye la aptitud para el aprendizaje, es decir, para recordar y evitar los estados críticos que no llevan al equilibrio. Precisamente para comprobar esta aptitud de ultraestabilidad, Ashby construyó la máquina especial, homeóstato. "El homeóstato —escribía W. Ashby— en cierto sentido no hace nada más que moverse hacia el estado de equilibrio"[2].

El homeóstato está compuesto por cuatro bloques, en cada uno de los cuales hay un imán giratorio; todos los bloques están unidos entre sí. Bajo el efecto de la corriente eléctrica, los imanes se desvían del estado de equilibrio, y la magnitud de esta desviación ejerce una influencia inversamente proporcional sobre la corriente eléctrica. En cada bloque del homeóstato hay un regulador, calculado para 25 estados. La transición de un estado a otro del regulador se realiza de modo casual, en cuanto el imán se desvía 45° del estado de equilibrio en cualquier sentido. La cantidad de diversos estados que puede adoptar el sistema de cuatro

2 W. Ashby, *Introducción a la cibernética*, pág. 125.

bloques es igual a 25^4, o sea 390.625. Una parte de tales estados es inestable, y la otra es estable. Partiendo de cualquier posición inicial al ser puesto en marcha, el homeóstato llega, en fin de cuentas, a una posición estable.

La dificultad práctica para la aplicación de este género de sistema es que frente a una gran cantidad de modelos de comportamiento que son posibles para el sistema, el número de conmutaciones del regulador, necesarias para alcanzar la estabilidad, puede resultar tan enorme, que el sistema prácticamente no lo puede alcanzar en un intervalo observable de tiempo.

Al analizar el homeóstato de W. Ashby, se puede formular la conclusión de que cuanto más marcada es la desviación del sistema respecto de la posición de equilibrio, tanto más intenso es el movimiento del sistema hacia el equilibrio.

Esta conclusión nos permite responder al interrogante de cómo se realiza el equilibrio homeostático entre el sistema y el medio. No es suficiente reconocer la homeostasis: hay que estudiar su mecanismo. Para ello hay que examinar dos formas opuestas de la inestabilidad: la inestabilidad compensadora, que está vinculada con el mecanismo de la homeostasis y no la destruye, y la inestabilidad que aumenta por sí misma, alterando el estado homeostático. Ashby, en *Introducción a la cibernética*, presenta el siguiente ejemplo: si tenemos un horario del movimiento de los autobuses por una línea, y alguno de los vehículos altera este gráfico, todos los siguientes presentarán una desviación cada vez mayor respecto del horario. En este caso hay una inestabilidad que aumenta por sí misma, y la homeostasis no se realiza. Sólo puede realizarse en condiciones de una inestabilidad compensadora, cuando la variación misma del medio es la señal para una restructuración de respuesta del sistema, en el sentido en que se puede efectuar el equilibrio del sistema dado con las condiciones modificadas del medio.

El mecanismo más general para establecer el equilibrio homeostático es la llamada retroacción. La retroacción en su forma más general es un mecanismo para controlar la diferencia entre la acción y su resultado en un comportamiento. Este mecanismo es necesario desde todo punto de vista, si se trata de equilibrar el sistema con las condiciones cambiantes del medio. En el libro *Cibernética y sociedad*, Wiener caracteriza la retroacción como

"la propiedad de ajustar el comportamiento futuro a hechos pasados"[3]. Sobre la base de la retroacción, el comportamiento resulta integral, "cerrado en sí mismo", cíclica.

Estos mecanismos tienen una importancia de principio para la fiisología de la actividad nerviosa; precisamente en esta ciencia fue donde se investigaron primeramente. Ya en 1935, el profesor P. K. Anojin señalaba que los procesos nerviosos no se realizan en arco, sino en círculo cerrado, por lo cual el mecanismo de las reacciones nerviosas fue estudiado, en esencia, considerando la retroacción[4].

Para comprender integralmente el mecanismo de las retroacciones nos detendremos en su clasificación. Por lo común se dividen en positivas y negativas. La retroacción negativa actúa como defendiendo la individualidad cualitativa del sistema para evitar su absorción por el medio, se opone a los cambios casuales del mismo, atenuando el efecto de su influencia sobre el sistema. Si la retroacción negativa disminuye la influencia perturbadora del medio sobre el sistema, la positiva refuerza el efecto de los factores del medio externo sobre aquél y orienta la reacción del organismo en el mismo sentido en que se advierte la desviación de las condiciones del medio externo. La diferencia entre los dos tipos de retroacción se puede observar en los siguientes ejemplos. Si bajo la influencia de alguna causa externa se eleva la presión arterial en el organismo, en condiciones normales se produce una dilatación de los vasos y finalmente la presión se equilibra. En este caso hay un mecanismo de retroacción negativa. En los estados patológicos, el regulador de la presión arterial, ante un empeoramiento posterior de las condiciones del medio y del organismo mismo, ya no puede equilibrar la presión, ésta aumenta y se produce la hipertensión arterial. Este es ejemplo de retroacción positiva, que alterá la homeostasis sobreviniendo la enfermedad.

Pero el mecanismo de la retroacción positiva también puede tener efectos útiles para el organismo. Así, por ejemplo, cuando el lactante, a medida que se desarrolla, extrae más leche del seno materno, como respuesta se forma más leche en las glándulas mamarias.

3 N. Wiener, *Cibernética y sociedad*, pág. 45.

4 Ver *Problemas del centro y la periferia en la fisiología moderna de la actividad nerviosa.* Recopilación dirigida por P. Anojin, Gorki, 1935.

Las retroacciones se pueden dividir también de acuerdo con el carácter de los elementos que las constituyen. Es posible diferenciar la retroacción entre los elementos del sistema, la retroacción entre el sistema y el medio, la retroacción de los elementos del medio.

Pero para nosotros es de suma importancia establecer otra división de las retroacciones. Para comprender con más claridad la esencia de la división propuesta de las retroacciones recurriremos a los elementos históricos. Los investigadores hace ya mucho tiempo que conocen el mecanismo de las retroacciones en la ciencia y la técnica. El regulador de la máquina de vapor de Watt, o, aun antes la zaranda del molino, se fundaban en el mecanismo de la retroacción negativa. Sin embargo, a nuestro parecer hay que dividir las retroacciones en dos clases: las precibernéticas, en las que el papel principal corresponde a las acciones mecánicas, y las cibernéticas, en las que el papel principal corresponde a la información. Estas retroacciones de información son las más demostrativas para la cibernética, caracterizan del modo más completo la aptitud de los sistemas de automovimiento. El mecanismo de retroacción permite realizar el equilibrio del sistema con el medio, hace que ambos se vinculen tan estrechamente como para que el sistema no pierda sus caracteres específicos cualitativos, sino que por el contrario, varíe de acuerdo con los cambios ambientales. La retroacción excluye los efectos nocivos de los cambios casuales del medio que podrían destruir el nexo del sistema con el medio. Por eso es correcta la opinión de P. Latill, quien en su libro *Pensamiento artificial*, caracteriza la retroacción como "el principio fundamental que se opone al azar".

Fundándose en las retroacciones, la cibernética explica el importantísimo mecanismo por el cual se establece el equilibrio homeostático del sistema dinámico complejo con el medio.

El mecanismo de las retroacciones, que estudia la cibernética, tuvo aplicación durante estos últimos años en la física, manifestación ésta de las tendencias hacia la síntesis de disciplinas científicas diversas. Así, por ejemplo, uno de los caminos que ofrecen más amplias perspectivas en el desarrollo técnico es la elaboración del acelerador cibernético, en el que las mismas partículas aceleradas señalizan las desviaciones respecto de las condiciones

dadas de antemano, lo cual permite mantener el régimen necesario de trabajo del acelerador [5].

Los conceptos de homeostasis y retroacción son de extraordinaria amplitud. Expresan los rasgos más generales del funcionamiento de los sistemas dinámicos complejos. Sobre la base de estos conceptos la cibernética estudia algunos aspectos de la semejanza existente entre los dispositivos electrónicos, los procesos nerviosos e incluso los fenómenos sociales.

Las generalizaciones de la cibernética se fundan en hechos reales. Por eso, la naturaleza funcional de la cibernética no resulta del arbitrio subjetivo del investigador, no expresa un enfoque meramente subjetivo. Se funda en dos circunstancias objetivas desde todo punto de vista, verificadas por la práctica real; la primera es la posibilidad de analizar el comportamiento desde el punto de vista del equilibrio dinámico que existe entre el sistema y el medio, y la segunda es la independencia relativa del comportamiento con relación a la estructura interna del sistema, la estabilidad relativa del comportamiento con respecto a la variación estadística de los factores de la estructura interna del sistema.

2. *Cibernética y métodos de los modelos.*

La naturaleza funcional de la cibernética se manifiesta del modo más completo en los modelos cibernéticos. El método de los modelos es un procedimiento que se aplica con mucha frecuencia en la ciencia. Cuando por alguna razón nos resulta imposible conocer de una sola vez un objeto que nos interesa y no existen condiciones para contar directamente con este objeto, recurrimos al modelo.

En los *Cuadernos filosóficos* V. Lenin escribía lo siguiente: "A fin de entender es necesario empezar por entender empíricamente, por estudiar, por elevarse del empirismo a lo universal. A fin de aprender a nadar es necesario lanzarse al agua" [6]. El modelo es en muchísimos casos este primer paso para el conocimiento de fenómenos nuevos, aún desconocidos.

5 El artículo del académico A. Mints titulado "Acelerador cibernético" (*Izvestia*, 24 de abril de 1962) presenta los rasgos generales de esta tendencia en el desarrollo de la técnica de la aceleración.

6 Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XXXVIII, pág. 198. (*Ed.*).

El método de los modelos se funda en el razonamiento por analogía, a partir de la semejanza de los caracteres de algunos fenómenos, inferimos la semejanza de los otros caracteres. Tal razonamiento sólo da un conocimiento probable y tiene el carácter de hipótesis de trabajo. Así, por ejemplo, antes que el cohete cósmico soviético sobrevolara el otro lado de la Luna, se elaboró un modelo de la superficie invisible de la misma por analogía con la visible, suponiendo que ambas eran idénticas. Como es sabido, las fotografías de la parte invisible mostraron que ésta tiene diferencias propias. El experimento corrigió el conocimiento hipotético obtenido por analogía.

La base más simple del conocimiento por analogía, es la semejanza. Se considera la semejanza geométrica como la forma elemental de la semejanza. Por ejemplo, los triángulos que tienen sus ángulos correspondientes respectivamente iguales son semejantes, independientemente de la longitud de sus lados. Todo triángulo semejante puede servir de modelo de otro triángulo semejante; si tenemos necesidad de estudiar uno de ellos, podemos realizar el estudio sobre un modelo.

Hace 300 años, Newton extendió el principio de la semejanza geométrica al campo de los fenómenos físicos, en su clásica obra titulada *Principios matemáticos de filosofía natural*. Desde ese período se desarrolla el método de los modelos en la investigación científica, abarcando un conjunto cada vez más amplio de problemas y fenómenos.

El método de los modelos tiene las más diversas aplicaciones en las ciencias naturales y la técnica contemporánea. Incluye desde la construcción de modelos de diques, máquinas complejas, hasta los modelos de fenómenos físicos tales como la superconductividad de los metales a temperaturas muy bajas, con la ayuda de la noción de superfluidez.

Con el desarrollo del conocimiento científico, el método de los modelos se generaliza, y la cibernética suma un aporte esencial a esta generalización. El método de los modelos en cibernética es muy peculiar, presenta diferencias esenciales en comparación con los procedimientos de conocimiento mediante modelos que se emplean en todas las demás disciplinas científicas.

Pasando al análisis de los rasgos más importantes de los modelos cibernéticos, mencionaremos en primer término la obra inicial de W. McCulloch y W. Pitts, titulada *Cómputo lógico de las ideas relacionadas con la actividad nerviosa*, publicada en 1943 y

que desempeñó un importante papel en el surgimiento de la cibernética (traducción rusa en la recopilación *Autómatas,* Moscú, 1956).

W. Mc Culloch y W. Pitts presentan un procedimiento para construir modelos eléctricos del sistema nervioso, al que consideran como una red de neuronas.

Es preciso destacar dos rasgos característicos de los modelos neuronales.

1. El método se funda en que tanto los elementos del sistema de lámparas electrónicas como las neuronas —elementos de las redes neuronales— trabajan según el principio de "todo o nada", es decir, que dejan o no pasar el impulso. Debido a esto se aplicaron a las redes neuronales los métodos de la lógica proposicional. Esta se funda en el principio de "sí o no", que se expresa matemáticamente, como ya señaláramos, por el cómputo binario, que sólo tiene dos signos, 0 y 1.

2. Para estos modelos fue necesario adoptar una serie de simplificaciones. Se aceptó, por ejemplo, que las redes neuronales no varían en el tiempo.

En esta obra fundamental no sólo se plantearon las premisas teóricas para los modelos cibernéticos, sino que se revelaron también las vías para la aplicación práctica de los mismos.

Así, al poco tiempo se propuso el modelo de un ojo electrónico artificial, que da a los ciegos la posibilidad de leer un texto con la ayuda de la audición. En este aparato, el "rayo luminoso" del sistema de células fotoeléctricas al atravesar las líneas negras del contorno de la letra, provoca impulsos eléctricos que pasan a los auriculares o a un altoparlante, merced a lo cual se puede escuchar la señal correspondiente a la letra que lee el aparato [7].

En la actualidad los modelos cibernéticos de este género han adquirido notable desarrollo. Uno de los modelos más asombrosos es la prótesis de mano regulada por las corrientes bioeléctricas del cerebro. Esta prótesis fue construida en 1957 por un grupo de ingenieros y médicos soviéticos, y fue presentada en la exposición mundial de Bruselas en 1958. El aparato "corazón-pulmones", que se aplica en operaciones del corazón, ofrece muy am-

7 Este trabajo se expone con más detalle en el libro de V. A. Moiséiev, *Problemas de cibernética en biología y medicina* (Moscú, 1960). En este libro se destaca con justeza que la prótesis sensorial representa una importante aplicación de los modelos cibernéticos.

plias perspectivas para la medicina. Una orientación importante del empleo de los sistemas cibernéticos en medicina es el dispositivo de las máquinas de diagnóstico. N. M. Emanuel, miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS, propuso un modelo, relacionado con el enfoque cibernético, para explicar el mecanismo de los procesos cancerosos. Según este modelo, el proceso canceroso se parece a una reacción química en cadena, que se efectúa con la participación de radicales químicamente activos.

En fisiología vegetal se han logrado resultados de gran valor práctico mediante la aplicación del método de modelos. El académico A. Kursanov señala que en el sistema organismo vegetal-medio ambiente a semejanza del fusible en una red eléctrica, primero se funde el eslabón más sensible a las condiciones desfavorables. Un ejemplo de este proceso es que, en condiciones desfavorables (sequía, inundación, exceso de sales minerales del suelo), las raíces pierden la capacidad de utilizar la energía que se libera durante la respiración. Cuando el medio es desfavorable, la respiración no mantiene la síntesis de proteínas, puesto que la energía se disipa inútilmente, en gran parte bajo la forma de calor. Debido al recalentamiento, comienza una intensa desintegración de las proteínas, con desprendimiento de amoníaco, tóxico para los tejidos. El método de rociar las hojas con una solución de sustancias que pueden neutralizar el amoníaco, resultó muy eficaz para luchar contra el recalentamiento. Experimentos realizados en Kirguizia demostraron que al rociar las hojas con esas soluciones, el rendimiento de la remolacha azucarera era del 35 al 40 por ciento mayor que cuando se las rociaba con agua solamente. En este caso se logra mantener el equilibrio dinámico del organismo con las condiciones del medio según el principio del modelo homeostático.

Otro ejemplo de este tipo de equilibrio es la aplicación de una sustancia química especial, el tiuramo, que vuelve inocuos los microbios cuya acción no pueden resistir ciertas plantas amantes del calor, a temperaturas relativamente poco elevadas. Las experiencias con el tiuramo, realizadas en los algodonales, dieron resultados positivos.

El modelo de la homeostasis se expresa de la manera más evidente en el método de la "ración deslizante", muy difundido este último tiempo, mediante el cual se cultivan plantas sin suelo, en soluciones salinas, cuya composición se modifica de acuerdo

con los períodos del desarrollo de las plantas. En 1960 se obtuvieron con este procedimiento 30 kilogramos de pepinos por metro cuadrado de superficie útil.

Son muy interesantes los trabajos que modelan el fenómeno de la catálisis química aplicando a los vegetales sustancias capaces de ejercer sobre éstos una acción catalítica. Este es el caso de una sustancia, la hibberellina, que estimula el crecimiento de cultivos de líber, la vid, el tomate, el té.

Son muy amplias las perspectivas para estudiar en función de modelos ciertos procesos de la fisiología de los animales. Resultan de particular interés los trabajos sobre energética muscular. El académico V. A. Engelhardt y sus colaboradores han revelado que el músculo está compuesto por albúmina, la miosina, que forma la carne, y la fibra muscular de ácido adenosintrifosfórico (abreviado ATF), que representa el combustible del músculo. Con este ácido se vincula la sorprendente capacidad del músculo, para convertir directamente la energía química en energía mecánica, evitando el pasaje por la forma calórica. Puesto que de esta manera no hay disipación de calor, se logran coeficientes tan elevados de efecto útil, que para la técnica contemporánea resultan inaccesibles.

En la exposición mundial de Bruselas se hizo la demostración de una cintita de densa *jalea* que, por sí misma, sin aporte especial de energía, subía y bajaba una carga de dos gramos, modelando la contracción muscular. Esta cintita estaba compuesta de ácido poliacrínico. En presencia de un álcali la misma se contraía, y en presencia de un ácido se distendía. Los cálculos realizados demostraron que un cable hecho de esta sustancia del grosor del brazo, podría levantar 100 toneladas. También hay cintas plásticas que se contraen en ambiente gaseoso.

Se abren asimismo grandes perspectivas para el empleo de la energía nerviosa cerebral. Ya se han realizado experiencias en las que, mediante las señales bioeléctricas del cerebro se regula un modelo de la mano. Adquieren mucha importancia los experimentos con los modelos del metabolismo. Ya se ha logrado por ejemplo, un modelo de "vaca experimental", que a partir de sustancias vegetales obtiene proteínas análogas a las proteínas de la leche. Pueden ser de mucho interés para la técnica los motores construidos a semejanza de los organismos vivos, como por ejemplo, los dispositivos de ornitópteros voladores, con alas móviles.

En este sentido hay un amplio campo para el progreso de la

biónica, disciplina científica que elabora los métodos para emplear en la técnica los principios de la actividad de los seres vivos.

En este último tiempo adquirió mucha importancia el estudio mediante modelos de ciertos mecanismos de la herencia basándose en la teoría de la información. Se están realizando investigaciones sobre el mecanismo de codificación de la información hereditaria en la estructura molecular del ácido desoxiribonucleico (DNK), que actualmente se considera como base material de información hereditaria trasmitida por los padres a los descendientes. En ese campo han realizado una importante contribución los científicos soviéticos, como ser el profesor A. A. Liapúnov.

De acuerdo con nuestro examen, podemos distinguir los rasgos característicos más importantes de los modelos cibernéticos.

1. La primera e importantísima particularidad de la metodología cibernética es que aborda de modo muy general y, por consiguiente, con extraordinaria amplitud los modelos de objetos que con frecuencia se encuentran muy alejados entre sí. Es característico del enfoque cibernético, por ejemplo, el analizar lo que hay de común en objetos tan heterogéneos como un grifo de agua corriénte, un tríodo (lámpara electrónica) y la neurona (célula nerviosa). Lo común de todos estos objetos es que permiten pasar el efecto sólo en un sentido, pero no lo permiten en el sentido opuesto. Para el enfoque cibernético es secundario que en el caso del grifo haya un pasaje de agua; en el tríodo, una corriente eléctrica, en la neurona, el impulso nervioso.

Debido a este enfoque general, la cibernética utiliza ampliamente el modelo de la llamada "caja negra". Se denomina "caja negra" a cualquier sistema cuyo contenido interno es desconocido para el observador, quien sólo conoce la índole de las acciones del medio sobre el sistema dado (entrada) y sus reacciones de respuesta (salida). Todos los sistemas con entradas y salidas que son uniformes pueden considerarse como modelos recíprocos. Así, el dispositivo eléctrico de Ashby llamado homeóstato que es capaz de elegir, entre todos los estados, los más estables, se presenta en cibernética como modelo de los organismo vivos, que pueden alcanzar el equilibrio con el medio en el curso del metabolismo.

2. Esta amplitud con que los modelos cibernéticos abarcan los fenómenos se explica por el enfoque funcional, al que ya nos hemos referido. El modelo cibernético capta la analogía de funcionamiento de ciertos sistemas que en todos los demás aspectos,

por ejemplo en cuanto a sus sustratos materiales, pueden ser desde todo punto de vista diferentes.

3. Lo característico del método cibernético es que aquí nos hallamos ante un tipo específico de modelos: los de regulación. Por lo general, en el conocimiento científico, los modelos sirven de medio para cierta explicación previa de un fenómeno en el nivel de la hipótesis de trabajo; tales modelos reciben el nombre de heurísticos (es decir, explicativos). A diferencia de esto, en la cibernética tienen amplia difusión los modelos de regulación, cuya tarea principal no es revelar la estructura interna del objeto modelado, sino indicar los procedimientos para regular sus funciones externas. Aunque de este género de modelos podemos obtener muy poca información sobre la estructura interna del sistema que nos interesa, sin embargo, el valor práctico de los mismos es de extraordinaria importancia. Al utilizarlos contamos con la posibilidad de ordenar el comportamiento de objetos cuya estructura interna aún no conocemos adecuadamente. Por lo demás la salida del sistema se considera como función de la entrada:

$$\text{Salida} = (f)\ \text{Entrada}$$

W. Ashby en su *Introducción a la cibernética* para caracterizar la manera peculiar con que la cibernética aborda los modelos, razona así: supongamos un sistema encerrado en un estuche, que nos oculta la estructura interna de aquél; podemos establecer entonces en relación con este sistema de "caja negra", una lista de entradas y sus correspondientes salidas. No sabemos qué ocurre dentro del sistema, pero comprobamos que al parámetro de entrada A corresponde el parámetro de salida A^1. Entonces, incluso sin conocer el contenido interno del sistema, eligiendo los correspondientes parámetros de salida, es decir, actuando sobre el medio, tenemos la posibilidad de ordenar el comportamiento del sistema en la dirección conveniente, es decir, regularlo.

W. Ashby presenta un ejemplo que indica la importancia de este género de regulación de objetos cuya estructura interna es desconocida para nosotros. Durante la época de la guerra los bombarderos norteamericanos estaban equipados con dispositivos secretos; el aviador no estaba autorizado para abrir la caja que contenía el dispositivo ("caja negra"), pero sabía qué botón del dispositivo debía apretar en determinada circunstancia.

La naturaleza funcional del método cibernético se pone de manifiesto en la llamada teoría de los juegos, que se aplica amplia-

mente en el campo de la regulación cibernética. La teoría de los juegos es una nueva disciplina científica, que representa procesos reales, en la forma de dos o más partes interrelacionadas que participan en el proceso (jugadores) y que aplicando la teoría de las probabilidades, calcula el curso del proceso, cuando están dadas las reglas de los comportamientos parciales.

De acuerdo con los métodos de la teoría de los juegos se realizan ahora cálculos muy precisos de procesos tecnológicos y de muchas otras clases.

4. Los modelos cibernéticos no se aplican en el marco de una sola forma de movimiento de la materia. En física, por ejemplo, está muy difundido el estudio de fenómenos físicos supramecánicos mediante modelos mecánicos. Ha adquirido difusión un modelo creado por N. Bohr y el científico soviético I. Frenkel, que representa el núcleo atómico en la forma de una gota de líquido, es decir se estudian ciertos procesos físicos (nucleares) mediante otros procesos físicos: los hidrodinámicos.

El método cibernético confiere el papel principal a los modelos fisicoquímicos (materiales) y a los abstractos (matemáticos).

Tienen particular importancia los modelos de procesos biológicos. Puesto que los modelos cibernéticos no son biológicos por su sustrato material se diferencian sustancialmente, por cierto, de sus originales. W. Ashby señala que el método cibernético de los modelos no se basa en el isomorfismo (semejanza entre la forma del objeto modelado y el modelo), sino en el homeomorfismo (semejanza entre el modelo y alguna parte del objeto modelado).

5. Rasgo característico del método cibernético es la amplia utilización de computadoras electrónicas como modelos del fenómeno estudiado. Al realizar un programa determinado, la computadora electrónica puede actuar como modelo que expresa ciertos aspectos del fenómeno vinculado con la realización del programa de trabajo dado de la máquina.

Al analizar los rasgos específicos de los modelos en el campo de la cibernética, relacionados con su naturaleza funcional, se pueden distinguir dos tipos principales:

A. Modelos de regulación en los que, mediante máquinas electrónicas, se eligen determinados parámetros de entrada que permiten mantener un valor de salida establecido de antemano.

V. D. Moiséiev, en su obra *Problemas de cibernética en biología y medicina,* señala con justeza que con esta clase de modelos

se puede eliminar la discordancia entre la magnitud de entrada, X (ent) y la de salida, Y (sal), de modo que X — Y = O.

B. Los modelos cibernéticos cognoscitivos, o heurísticos, son en lo fundamental procedimientos para reproducir sistemas orgánicos mediante dispositivos inorgánicos. Se logra así determinado aumento de los conocimientos. A partir de cierta información inicial construimos modelos de procesos biológicos, obteniendo así un incremento de la información. La información resultante, es decir, la información obtenida mediante el uso de los modelos proporciona un incremento de la información sobre el sistema biológico ($I_2 > I_1$) es decir, que la información resultante (I_2), es mayor que la información inicial (I_1). Esta es la condición necesaria de información cognoscitiva para que sean eficaces los modelos.

Al acumular nueva información sobre el proceso biológico es posible construir un modelo cibernético más perfeccionado. Este, a su vez, aporta un nuevo incremento de la información sobre el proceso biológico. Se logra así una acumulación de conocimientos biológicos. Hay que tener en cuenta, que el método de los modelos no es la única vía para el desarrollo de los conocimientos. Pero realiza un aporte esencial al conocimiento.

Las grandes tareas prácticas que esta disciplina se propone resolver imponen el planteo de problemas teóricos muy complejos. Para el desarrollo exitoso de la teoría y práctica de la cibernética puede tener considerable importancia precisar el sentido filosófico estricto de la superación de los modelos pre-cibernéticos. Desde este punto de vista son muy ilustrativas las concepciones de W. Ashby. En la obra de este autor los resultados teóricos fecundos (basta recordar los trabajos de W. Ashby sobre la homeostasis) van acompañados de diversas conclusiones filosóficas inexactas inferidas a partir de estas conquistas.

Al analizar un conocido ejemplo del isomorfismo, en el cual el aire contornea el ala, a determinada velocidad permitida, siguiendo el mismo contorno que el que sigue la corriente eléctrica al fluir en torno de un cuerpo no conductor del mismo perfil, W. Ashby llega a la justa y muy interesante conclusión de que la cibernética guarda con respecto a las máquinas la misma relación que la geometría con respecto a los objetos del espacio, es decir, las aborda de modo abstracto, prescindiendo de su sustrato material. Pero al atribuir carácter absoluto a la independencia relativa de la forma respecto del contenido, W. Ashby llega a una

tesis inexacta: "La materialidad carece de importancia para ella (para la cibernética. — *I. N.*), lo mismo que el hecho de observar o no las leyes comunes de la física" [8].

Aquí podemos ver, en su forma más evidente, la inconsistencia metodológica en que se incurre al atribuir carácter absoluto a un rasgo aislado del complejo proceso del conocimiento. El hecho de que la cibernética se distinga por su enfoque abstracto, no significa que para ella no existan los problemas de la materialidad y las leyes físicas objetivas. Engels señalaba en su polémica con Dühring que incluso una ciencia tan abstracta como la matemática se funda en las leyes reales del desarrollo de la materia. Esto también es válido con relación a la cibernética. Ya indicamos la importancia de analizar una ley física tan fundamental como la ley de la conservación, en su aplicación a la cibernética.

Luego W. Ashby asigna carácter absoluto a la importancia del modelo de la "caja negra". Durante el proceso del conocimiento, en determinadas etapas, se puede prescindir, dentro de ciertos límites, por cierto, de la estructura interna del objeto. Sin embargo, sería un gran error echar del todo al olvido este contenido material de los objetos estudiados. En efecto, la semejanza de ciertas funciones de los objetos (sistemas) expresa un contenido de caracteres objetivos comunes. Estos caracteres comunes pueden aparecer en dos formas: como semejanza de los elementos sustanciales, y como semejanza de las relaciones entre elementos muy diferentes por su naturaleza material. En cibernética, lo esencial es la segunda forma de semejanza del contenido de los objetos: la semejanza de la estructura de sus relaciones. Por consiguiente destacaremos un hecho muy importante, que más de una vez podremos comprobar posteriormente: en los modelos hay que delimitar los caracteres materiales y estructurales comunes de los objetos.

El hecho de reconocer cierta comunidad objetiva que no depende del sujeto en algún sentido entre determinados aspectos del modelo y del fenómeno estudiado constituye un principio materialista importantísimo para el enfoque de los modelos y que conserva su importancia incluso en lo que se refiere al método cibernético.

W. Ashby comete un grave error cuando afirma que "el sistema no significa una cosa, sino un repertorio de variable", una

[8] W. Ashby, *ob. cit.* pág. 1.

"transformación cerrada univalente"[9]. Sería por cierto incorrecto desde todo punto de vista plantear dudas sobre lo legítimo y fecundo de este modo abstracto con que la cibernética aborda los objetos reales. Sólo debe recordarse el error de atribuir carácter absoluto a un enfoque que llega a prescindir de la materialidad de esos mismos objetos, como también de la realidad objetiva de sus sustratos materiales y sus nexos causales internos. Asignando carácter absoluto a la independencia de las expresiones matemáticas, y perdiendo de vista su nexo con la materia, W. Ashby incurre en un error, porque, como sostenía Lenin, "toda verdad, si se la hace «exorbitante», si se la exagera, y se la extiende más allá de los límites en los que es realmente aplicable, puede ser llevada al absurdo, y en esas condiciones se convierte de manera infalible en un absurdo"[10].

Al generalizar el modelo de la "caja negra" fuera de los límites de su aplicación práctica intentando presentarlo como modelo epistemológico universal, exagerando su papel en el conocimiento, sin tener en cuenta que un modelo de este tipo es sólo un momento en el proceso dialéctico del conocimiento. W. Ashby llega a conclusiones erróneas. Supone, por ejemplo, que dado que cualquier sistema dinámico representa el conjunto de un número infinito de propiedades su conocimiento completo resulta imposible, y el destino del hombre es conformarse con "medias verdades". Por lo demás, W. Ashby considera la complejidad misma del sistema de modo tal, que renunciando a establecer cualquier criterio objetivo, afirma que el sistema es "muy grande" cuando vence al hombre con su riqueza y complejidad.

Al estudiar los sistemas complejos es imprescindible la interpretación dialéctico-materialista del conocimiento como proceso que se desarrolla sobre la base de la práctica histórico social de los hombres y se funda en premisas materialistas. La experiencia misma del desarrollo de los modelos cibernéticos, los magníficos éxitos de esta nueva disciplina científica, demuestran de modo irrefutable la capacidad de la actividad creadora y el poder de la razón humana que, partiendo de la práctica, es capaz de "penetrar de la esencia menos profunda a la esencia más profunda de los procesos del mundo real".

9 W. Ashby, *ob. cit.*, págs. 64 y 65.
10 V. Lenin, *ob. cit.*, t. XXXI, pág. 57. (*Ed.*).

De acuerdo con nuestro análisis de la naturaleza funcional de la cibernética podemos establecer tres conclusiones metodológicas muy importantes que nos permiten comprender con más claridad las posibilidades y limitaciones que existen en el enfoque cibernético de la realidad.

1. La interpretación del método cibernético con espíritu subjetivista debe considerarse inconsistente desde todo punto de vista. Como todo conocimiento, como todo método científico es efectivo cuando existen ciertos caracteres comunes objetivos, entre el fenómeno modelador y el modelado, que valen independientemente del sujeto. Por este motivo es igualmente inexacta la negación subjetivista de es carácter objetivo, y la interpretación metafísica de los mismos como identidad absoluta entre el proceso y el modelo.

Al caracterizar la complejidad del proceso de construcción de modelos, el investigador soviético L. Tumerman escribe lo siguiente: "no hay ni puede haber «guía» universal que permita al investigador navegar con seguridad entre la Escila de la desmesurada complicación del modelo y la Caribdis de la pérdida de su adecuación al fenómeno. En cada caso concreto la elección del modelo está dictada por las circunstancias concretas y representa para el investigador la parte más difícil de su tarea"[11].

Sólo la práctica es el criterio de verdad en la aplicación de los modelos como en todos los demás procesos cognoscitivos.

2. La modelación cibernética es apenas un primer procedimiento, en gran parte imperfecto, para abordar los sistemas complejos. Este método de estudio, que prescinde de la naturaleza interna de los sistemas complejos y se funda en sus funciones externas, no debe considerarse absoluto. Esta aproximación sólo representa una etapa necesaria en el estudio de los sistemas complejos.

En la obra ya mencionada, al revelar los procedimientos para construir modelos de los sistemas neuronales, W. McCulloch y W. Pitts afirman lo siguiente: "Sin embargo, hay un punto que debe quedar claro: ninguno de nosotros confunde la equivalencia formal con la interpretación práctica.[12]

La modelación cibernética no nos exime de investigar efectivamente la estructura interna de los objetos. La etapa más evo-

11 *Voprosi filosofi*, 1960, núm. 8, pág. 134.
12 Ver *Autómatas*, Moscú, 1956, pág. 365.

lucionada de la ciencia tendrá que relacionarse con la investigación de los estados internos de los sistemas complejos, y pondrá de manifiesto de modo más evidente el carácter relativo del modelo cibernético de "caja negra".

El atribuir carácter absoluto al enfoque funcional de la cibernética, que considera los objetos del mundo material como "cajas negras con estuche", entraña el peligro de agnoticismo. Reconocer la necesidad y al mismo tiempo la relatividad, el carácter transitorio del enfoque funcional de la cibernética, significa fundamentar y concretar la teoría dialéctica del conocimiento.

Aquí es necesario destacar que el enfoque por el cual se estudian las relaciones externas del objeto inclusive antes de revelar su contenido interno, no es propio exclusivamente de la cibernética. Este mismo camino es el que recorre el conocimiento del microcosmos. Así, en la física contemporánea se estudian las relaciones externas de las "partículas elementales" aun antes que se descubra su estructura interna, la cual se establecerá con seguridad en el futuro.

En general, el método funcional de investigación adquiere tanta importancia para la teoría moderna de las partículas elementales, que cabe hablar de la "cibernetización" de la física, como etapa superior de la "matematización" del conocimiento físico, que ya fuera señalada por Lenin a comienzos del siglo XX.

En diversos campos de la ciencia contemporánea podemos comprobar una ley dialéctica general del desarrollo del conocimiento: el movimiento que va de lo externo (la función) a lo interno (la estructura).

3. El método cibernético de los modelos es una clara expresión de la actividad de la conciencia humana. Vemos aquí cómo se amplía nuestro conocimiento en el campo del comportamiento de los sistemas dinámicos complejos, y se descubren riquísimas posibilidades para el futuro florecimiento del conocimiento humano y la práctica productiva.

Capítulo IV

RELACION ENTRE EL HOMBRE Y LA MAQUINA CIBERNETICA

El desarrollo de los modelos cibernéticos ha permitido construir sistemas artificiales capacitados para realizar ciertas operaciones que anteriormente eran objeto exclusivo de la actividad pensante del hombre. Esta importante conquista de las ciencias naturales generó una serie de problemas filosóficos. Es desde todo punto de vista comprensible que se haya suscitado una encarnizada polémica, porque así se decide una etapa histórica con relación al planteamiento y solución de un problema fundamental, vinculado con la concepción del mundo: la naturaleza de la conciencia humana.

En este capítulo, sin proponernos agotar la amplísima bibliografía que existe sobre el particular, estudiaremos los caracteres comunes al trabajo de las máquinas cibernéticas y a la actividad del cerebro y en qué consisten las diferencias esenciales entre el hombre y la máquina cibernética.

Antes de pasar a este examen es necesario anticipar una aclaración esencial acerca de la terminología, siguiendo una advertencia del académico A. I. Berg. Con el desarrollo de la cibernética, el concepto mismo de "máquina" se generaliza. Hasta el surgimiento de esta ciencia, la máquina consistía en un dispositivo que trasformaba la materia y la energía. En la cibernética también se realizan estos procesos, pero están relegados a un segundo plano: en sus sistemas, el papel principal corresponde a los procesos de información. Al conservar por tradición el término "máquina" en su aplicación a los dispositivos de información de la cibernética, es necesario tener presente esta especificación.

En la formulación de las premisas básicas de nuestro estudio

comparativo del hombre y la máquina cibernética, debemos destacar que este problema presenta dos momentos que forman una unidad orgánica: el psicofisiológico y el sociológico. (Esta circunstancia, como ya lo hemos señalado, a menudo no se tiene en cuenta).

A su vez, el enfoque sociológico del problema, considera dos cuestiones: 1) la naturaleza social del hombre, y 2) el empleo de las máquinas cibernéticas y su relación con las condiciones sociales. A causa de su extraordinaria importancia, en el capítulo V examinaremos muy especialmente este segundo aspecto del problema.

1. *Pensamiento y trabajo de los dispositivos cibernéticos.*

En épocas bastante lejanas se intentó técnicamente construir modelos de ciertos aspectos del proceso pensante del hombre como lo comprueban diversos hechos que registra la historia de la técnica. Por esto, por cierto, sólo constituyó la prehistoria de los amplios planes destinados a construir modelos cibernéticos semejantes a la actividad pensante del hombre.

La obra de McCulloch y W. Pitts, ya mencionada en el capítulo anterior, permitió precisar conclusiones sobre la existencia de cierta analogía entre el cerebro y los aparatos cibernéticos. Es bien sabido que poco después de publicarse el esquema de W. McCulloch y W. Pitts, el fisiólogo Von Bonin observó que el mismo coincide con la cuarta capa del centro óptico del cerebro. Por consiguiente, con relación a la cibernética, la cuestión giró desde el comienzo mismo en torno de cierta analogía estructural, y no material, entre el cerebro y la máquina cibernética. Pronto se realizaron intentos para la construcción de aparatos que imitan ciertos aspectos de la actividad mental.

El más célebre de tales dispositivos fue la "tortuga" CORA (designación compuesta por las primeras letras de la expresión inglesa "reflejo condicionado de analogía"), construido por el fisiólogo y cibernético Grey Walter.

Ya los primeros pasos de la joven ciencia dieron origen a un revuelo publicitario en los países capitalistas. Como se sabe, algunos de nuestros filósofos que no comprendieron la esencia del problema —por la amplia difusión que alcanzó el dogmatismo en filosofía durante el período del culto de la personalidad— incluso desembocaron en conclusiones vulgares y nihilistas, que negaban a la cibernética como ciencia. Al mismo tiempo, durante estos

últimos años en nuestra literatura popular ha comenzado a manifestarse una tendencia opuesta sobre cibernética que imita el enfoque sensacional de esta ciencia, lo que no hace más que trabar el estudio profundo de sus problemas.

Limitado por estos extremos, el modo de abordar la relación entre el hombre y la máquina puede calificarse de emocional-especulativo. Este término es aplicable a las dos posiciones que se adoptan al resolver este problema. La primera se vincula con el enfoque periodístico sensacionalista de la cibernética, que se expresa de modo evidente, por ejemplo, en un difundido estribillo, y que uno de nuestros periódicos utilizó como título de un artículo: "¡Los autómatas lo pueden todo!"

La segunda consiste en negar cualquier tipo de caracteres comunes entre el hombre y la máquina. Por eso A. Turing con razón, lo llama el punto de vista "del avestruz". Al negar el hecho real de que existen ciertos caracteres comunes al hombre y a la máquina, los adeptos de esta concepción se parecen al personaje de la anécdota, que al ver un camello con dos jorobas, exclamó: "¿Dos jorobas? ¡No puede ser!"

Estas ideas suelen encontrarse entre los fisiólogos. Así, por ejemplo, el fisiólogo francés P. C. Cossa, inclinado al idealismo, sostiene en su obra *Cibernética* que la actividad de la conciencia del hombre es *esencialmente* diferente del trabajo de la máquina.

Estos dos extremos no adelantan la solución del problema; abordan la relación entre el hombre y la máquina de un modo especulativo, ya que aislan los elementos efectivos que se encuentran unidos. Cuanto antes se superen por completo estos extremos, tanto mejor para el desarrollo de la cibernética, porque sólo distraen del estudio de los hechos reales.

Para el problema de la relación entre el hombre y la máquina la solución dialéctica se opone por igual a la negación idealista, de toda identidad de caracteres entre la actividad del cerebro y el trabajo de las máquinas como a su absoluta identificación metafísica.

Después de exponer esta consideración general, de principio, podemos formular una tesis metodológica más concreta. Para analizar el problema en cuestión en forma consecuente es de suma importancia plantearlo con precisión, la que debe estar vinculada, en primer término, con la elección de una base para comparar la actividad del cerebro y el trabajo de la máquina cibernética.

Por ejemplo, debido a cierta inexactitud en la elección de esta

base, en el libro de Z. Rovienski, A. Uiómov y E. Uiómova titulado *Máquina y pensamiento*, que expone de modo muy accesible e interesante los problemas básicos de la cibernética, se observa cierta incoherencia en el planteo y solución del problema de la relación entre la actividad del cerebro y el trabajo de la máquina. Los autores afirman que al comparar el comportamiento del hombre y la máquina, la diferencia no es radical e insuperable. Según su opinión, para hallarla hay que comparar los sustratos materiales del cerebro y la máquina. En el libro se afirma lo siguiente: "...para crear una máquina que funcione como el cerebro, hay que hacerla [...] no de lámparas electrónicas o elementos semiconductores, sino de combinaciones albuminoideas altamente organizadas, como las que forman el cerebro natural"[1]. La conclusión final que resulta de este planteamiento es esta formulación aforística: En manos de un biólogo una botella de líquido orgánico se aproximará mucho más al cerebro que la máquina electrónica más perfecta[2].

Entre la función y el contenido interno del sistema existe un nexo, por cierto, pero no siempre es absolutamente unívoco.

A nuestro juicio, por lo demás, en términos generales no es exacto identificar el contenido con el sustrato material; que es sólo una parte del contenido. Y, por fin, un tercer elemento importante del contenido de un sistema cibernético es la especificidad de la propiedad del reflejo. Por consiguiente, junto con la diferencia del sustrato material de los sistemas, éstos pueden tener caracteres idénticos, no sólo por sus funciones externas, sino también por los elementos del contenido vinculados con la estructura de sus relaciones internas y con la propiedad del reflejo. De acuerdo con este enfoque, el elemento semiconductor, con su finísima estructura, puede resultar más complejo que una reunión desordenada de moléculas orgánicas, inclusive si están alojadas en una botella.

A nuestro parecer, el planteamiento expuesto de la relación entre la actividad del cerebro y el trabajo de la máquina, que empieza por reconocer la propiedad del reflejo como base natural para su comparación, tiene la ventaja de que por esta vía se puede lograr cierta unidad entre ambos modos de abordar el problema: según la función y según el contenido.

1 Z. Rovienski, A. Uiómov, E. Uiómova, *Máquina y pensamiento*, pág. 139.
2 *Idem*, pág. 141.

En este sentido debemos detenernos en dos puntos de vista muy significativos en lo que atañe a resolver dicha relación.

El primero puede denominarse algorítmico. El científico inglés A. Turing, cuyo trabajo *¿La máquina puede pensar?* apareció recientemente en su versión rusa, es quien lo representa del modo más cabal.

Si se analizan todos los argumentos de Turing, se advertirá que, según este autor, la base principal para establecer una aproximación entre el hombre y la máquina es la algoritmización (es decir, la posibilidad de construir un algoritmo) de las acciones del hombre y el trabajo de la máquina. El pensamiento lo define de la siguiente manera: se puede considerar que la máquina piensa si después de formularle preguntas y obtener sus respuestas a través de un tabique no trasparente, durante un lapso bastante prolongado no podemos determinar si quien responde es una máquina o un hombre.

Turing examina nueve posibles objeciones contra su concepción. Entre éstas hay evidentemente algunas inconsistentes, tales como la teológica, que admite la "divinidad" del pensamiento, el punto de vista "del avestruz", que ya mencionamos, o el argumento sobre la hipersensibilidad y la índole incognoscible de la conciencia. Pero a nuestro juicio, el punto esencial de toda la construcción de este científico es el análisis de la octava objeción, que se funda en reconocer la informalidad del comportamiento humano: el trabajo de la máquina, a diferencia de la actividad del hombre, está condicionado por determinado conjunto de reglas; por eso el hombre no es una máquina. Su argumento principal para refutar este razonamiento consiste en proponer que se pase del examen de las "reglas de acción" a las "leyes naturales del comportamiento". Y formula la siguiente tesis: "... no sólo estamos convencidos de que el individuo dirigido por leyes de comportamiento es una especie de máquina [...] sino también, recíprocamente, que ser máquina es estar dirigido por leyes de comportamiento" [3].

La autora del prólogo de la traducción rusa del trabajo de Turing, profesora S. A. Ianóvskaia, señala los defectos esenciales de este planteamiento: 1) separación imprecisa de las reglas de comportamiento con relación a las leyes objetivas; 2) aborda con excesiva amplitud la máquina, como en general todo objeto cuyo

3 A. Turing, *¿La máquina puede pensar?*, pág. 47.

comportamiento está determinado por leyes objetivas; 3) su idea sobre una lista completa de leyes que definen el comportamiento del hombre es metafísica, porque no tiene en cuenta que la realidad, la práctica y el conocimiento humano se desarrollan.

Estas reflexiones nos parecen muy importantes. Pero, a nuestro juicio, hay que agregar algo más. Turing tiene razón, por cierto, al sostener la tesis materialista de que tanto el trabajo de la máquina como el comportamiento del hombre se subordinan a leyes. Sin embargo su planteamiento del problema tropieza con una dificultad esencial, que él, por lo visto, no advierte. Porque el hecho de que el trabajo de la máquina y el comportamiento humano estén determinados por leyes, no implica en modo alguno que estas leyes no puedan ser cualitativamente distintas. Por el contrario, lo que importa precisamente son los caracteres específicos cualitativos de las leyes del comportamiento humano (sociabilidad, actividad, etc). Al reconocer, sin análisis, la identidad entre las leyes que rigen ambos elementos, Turing agrega a su planteamiento una pátina de tautología. En efecto, resulta que la máquina puede pensar porque las leyes de su comportamiento poseen los mismos caracteres cualitativos que las leyes del comportamiento del hombre, y estas leyes poseen los mismos caracteres cualitativos porque la máquina puede pensar. Ante este acercamiento del hombre a la máquina, la pregunta que se plantea no es: ¿"la máquina puede pensar?", sino ¿"la máquina cómo puede no pensar?" El análisis se traslada así al aspecto puramente cuantitativo: hallar la cantidad máxima de estas leyes, de estas reglas de comportamiento (se supone que se refieren a una misma clase).

Este criterio puramente cuantitativo se manifiesta aún con más claridad cuando considera las perspectivas para comparar el cerebro y la máquina. El mencionado autor supone que dentro de 50 años podrá programarse el trabajo de la máquina con una capacidad de memoria de 10^9, de modo que en el juego de la imitación, al cabo de 5 minutos, las probabilidades que tendría el hombre corriente para decidir, si se halla frente a una máquina, no pasarían del 70 %.

No hay base valedera para reducir de modo puramente cuantitativo la diferencia entre el cerebro y la máquina y la que existe entre el número de sus elementos. Este planteamiento, que puede llamarse operativo (pues al comparar el cerebro y la máquina sólo tiene en cuenta los aspectos funcional y cuantitativo) contiene, por cierto, elementos fecundos y racionales. Pero no hay el

menor fundamento para erigir en algo absoluto tal enfoque extremadamente operativo de dicha comparación.

Como resumen de nuestro análisis podemos formular cuatro objeciones básicas contra el punto de vista de Turing:

1. De acuerdo con este enfoque, se considera que las diferencias entre el cerebro y la máquina son preferentemente cuantitativas;

2. No se tiene en cuenta las leyes cualitativas específicas del comportamiento humano;

3. Es preciso volver a señalar en especial que el criterio puramente funcional es insuficiente cuando se procura analizar todos los aspectos de la relación entre el hombre y la máquina;

4. El enfoque presenta cierto matiz tautológico, debido a que la solución del problema que se investiga (la máquina piensa) ya está contenida hasta cierto punto en su mismo planteamiento (la máquina es en general todo objeto que tiene leyes de comportamiento).

Turing reconoce que la dificultad esencial para reproducir mecánicamente el pensamiento humano no se vincula con las tareas de ingeniería (las cuales, por cierto, son "en sí mismas muy difíciles"), sino con el mecanismo de la programación. El hecho es que en un nivel bastante elevado de programación, es inevitable que la máquina no esté en condiciones de competir con el hombre.[4] Supone que esta dificultad puede ser vencida si se considera la capacidad de las máquinas cibernéticas para aprender. En este caso la tarea puede presentarse en los siguientes términos: construir primero una máquina-niño, e instruirla después.

Pero también en este caso Turing subestima la diferencia cualitativa que existe entre el niño y la máquina. En primer lugar, el niño no es una *tabula rasa*, un receptor vacío de información exterior; el niño hereda una reserva gigantesca de información genética, que aumenta de generación en generación. En segundo lugar, debido a que la información recibida por él durante su vida se entrelaza con la información hereditaria en el curso del aprendizaje, el proceso de su instrucción se diferencia cualitativamente

4 N. Wiener señaló esta circunstancia en una charla en la revista *Voprosi filosofi*, en 1960, (ver *Voprosi filosofi*, 1960, núm. 9, pág. 168).

del que no se opera al acumularse en la máquina la reserva de información [5].

Por consiguiente, el criterio de este científico no resuelve en forma integral el problema de la relación entre el hombre y la máquina.

El segundo punto de vista para resolver la relación entre la actividad del cerebro y el trabajo de la máquina llega a la posibilidad de identificarlos, fundándose en la capacidad de las máquinas cibernéticas para la autorreproducción. La base de esta concepción es la hipótesis enunciada por J. Neumann sobre la posibilidad de que las máquinas se reproduzcan por sí mismas, al llegar a cierto grado de complejidad. El académico A. Kolmogórov se ocupa de fundamentar matemáticamente esta conclusión.

Esta idea representa una interpretación teórica muy interesante. Aquí, por ejemplo, se manifiesta en forma evidente la dialéctica que existe en la transformación de los cambios cuantitativos en cualitativos: al llegar a la "complejidad necesaria", según la expresión de N. Wiener, el sistema no se destruye, sino que perfecciona la información depositada en él mediante su autorreproducción. En cuanto al aspecto práctico de estas ideas, como es natural hay muchos puntos que aún no están claros.

Sin embargo, también nos parece poco fundada la conclusión teórica que resulta de la idea sobre la autorreproducción de las máquinas, según la cual en este proceso, los dispositivos cibernéticos necesariamente llegarán a tener conciencia.

En primer lugar, sólo la investigación experimental del mecanismo de la autorreproducción puede indicar hasta qué punto tal proceso se acerca a la vida.

En segundo término, aun en el caso de que se revelara empíricamente una semejanza esencialmente entre el proceso citado y la evolución de la vida, hay que tener en cuenta que no es obligatorio que la semejanza entre ambos lleva a la semejanza de sus resultados. Por eso, la autorreproducción no debe conducir en forma inevitable a la conciencia.

[5] En el plano histórico, la idea de la máquina-niño, expuesta por Turing, es muy semejante a la de A. Condillac (materialista francés del siglo XVIII) sobre la estatua que poco a poco va adquiriendo sensaciones. Sólo que, a diferencia de esta última, la primera elabora pensamientos.

Es indudable que en estas ideas hay elementos racionales materialistas. Sin embargo ,sólo son modelos analógicos; no hay base alguna para atribuir carácter absoluto a su semejanza con el objeto estudiado.

Por fin, en tercer lugar (ésta es, quizás, la circunstancia más importante), el proceso de autorreproducción de las máquinas y la evolución de la materia orgánica, que llegó hasta la conciencia, se diferencia en sus mismas fuentes, esencialmente dado que el impulso de desarrollar las máquinas fue un acto creador conciente del hombre, mientras que la evolución de la materia orgánica comenzó, por cierto, sin participación de ningún principio conciente.

Incluso en este caso no obtenemos una solución integral del problema, puesto que lo que es teóricamente posible (autorreproducción de las máquinas) se combina aquí con supuestos arbitrarios (aparición de la conciencia en las mismas).

Es evidente que al comparar al hombre con la máquina debe partirse de la tesis de que ciertos caracteres comunes a los dos se vinculan con los mecanismos del reflejo, existentes en ambos, pero en formas cualitativamente distintas.

Al comparar los dos elementos, lo más conveniente no es hacerlo según sus sustratos materiales, cuya diferencia es evidente, ni por comparación puramente formal entre los algoritmos del comportamiento del hombre y la máquina, sino por contraposición de los mecanismos internos, inherentes a ellos, de las formas específicas de reflejo.

El destacado matemático J. Neumann, uno de los fundadores de la cibernética, en una breve monografía intitulada *Máquina computadora y cerebro*, publicada en 1958, después de su muerte, al señalar la importancia del enfoque cuantitativo y cualitativo-contenidista para comparar la máquina y el cerebro, distingue dos clases de diferencias entre ellos. La primera se vincula con las diferencias "en relación con la magnitud o velocidad".

A esta clase pertenecen, por ejemplo, las diferencias en el número de elementos: en el cerebro hay alrededor de 14 mil millones de células, mientras que en las máquinas hay algunas decenas de millares de lámparas electrónicas, y al utilizar los transistores es muy difícil construir una máquina que tenga más de un millón de elementos, es decir que, en cuanto al número de elementos, el cerebro supera en diez mil veces a tal máquina.

Además, el cerebro consume menos de 100 vatios de energía, mientras que una máquina cibernética con igual número de elementos consumiría 100 millones de vatios, o sea un millón de veces más. Sin embargo, la invención de los transistores elevó en seguida en 100 veces, la efectividad de las máquinas; no se descarta el futuro perfeccionamiento de las máquinas en este sentido.

Si en el consumo de energía las máquinas están a la zaga del cerebro, en la velocidad de funcionamiento lo superan en diez mil veces. Podríamos seguir con estas comparaciones cuantitativas entre el cerebro y la máquina, pero la esencia del problema no radica allí; todas estas diferencias cuantitativas no son en modo alguno insuperables durante el transcurso del progreso técnico.

La segunda clase de diferencias es más importante; son las que existen en "ciertos campos más profundos; incluyen los principios de funcionamiento y regulación de la estructura general, etc.". Por lo demás, Neumann subraya que lo más racional es atender de modo preferente a las diferencias de la segunda clase [6].

En este plano conviene remitirse a los datos concretos que brindan la cibernética y la fisiología contemporánea. Al resolver este problema se pueden obtener interesantes elementos comparando el artículo de D. Mac Kay titulado "Formación de conceptes por los autómatas" (*Autómatas*, Moscú, 1956) y el del investigador soviético B. J. Gurévich, "Autómatas «racionales» y funciones superiores del cerebro" (*Problemas de psicología*, 1959, núm. 4). Gurévich presenta un análisis crítico exhaustivo de las posibilidades de los autómatas superiores descritos por D. Mac Kay. Sobre esta base se pueden formular diversas conclusiones con relación a las diferencias que existen entre el funcionamiento del cerebro y el trabajo de las máquinas.

Mac Kay subdivide los autómatas en inferiores y superiores, de acuerdo con su aptitud para generalizar las influencias del medio. En los autómatas inferiores sólo hay una absorción y recodificación de las señales del medio; no poseen un mecanismo que pueda comparar el estado del sistema con el carácter de las influencias externas. Es distinto lo que ocurre con los autómatas superiores; éstos tienen un mecanismo interno que compara las señales del medio con sus propios programas de prueba. Este mecanismo es como un análogo del medio.

Es evidente desde todo punto de vista que en los autómatas inferiores todo se determina rigurosamente por la construcción misma del autómata. Los autómatas superiores tienen gran sensibilidad para el cambio de los programas de prueba de acuerdo con las señales del medio.

Mac Kay elige, como ejemplo, el caso del piloto automático,

[6] Véase *Recopilación cibernética*, Moscú, 1960, núm. 1, pág. 35.

que conduce un automóvil por un camino sinuoso; si las curvas se alternan regularmente, es decir, que a una curva a la derecha sigue una curva a la izquierda, y viceversa, la imagen del trayecto se generaliza en el autómata, y éste adquiere la capacidad de desviar la máquina a la derecha después del giro a la izquierda sin esperar la señal proveniente del medio. Actúa como si adivinara el trayecto, hace coincidir con éste el recorrido del vehículo, aun antes de cometer un error.

J. Mac Kay explica esta aptitud de los autómatas superiores afirmando que éstos tienen mecanismos internos compuestos por elementos con umbral variable de excitación (es decir que captan distintos valores). Si la actividad del elemento dado tiene éxito, el umbral de su excitabilidad desciende, mientras que el umbral de excitabilidad de todos los demás umbrales se eleva. De este modo, en estos autómatas observamos una disminución de la probabilidad de todas las acciones, excepto las que tuvieron éxito; este proceso se realiza por la concordancia entre los umbrales de excitabilidad de los elementos que forman el mecanismo interno del autómata y la estructura estadística del medio externo.

El mecanismo interno del autómata superior es en cierta medida un análogo del medio. Por eso, el autómata superior no sólo es capaz de "captar" las señales del medio externo, sino que también puede "captar" las respuestas de su propio mecanismo interno concertadas con el medio. Según el autor esta capacidad de los autómatas superiores para "percibir" los símbolos (J. Mac Kay los llama conceptos) elaborados por el mecanismo interno, es precisamente la "determinación lógica de la conciencia".

Este criterio de la máquina "pensante" nos parece muy digno de atención. Esta "determinación de la conciencia" es indudablemente más fecunda que el criterio ya mencionado de Turing, puramente formal, comportamental, imitativo en extremo. En efecto, la determinación de Mac Kay abarca una propiedad esencialísima del pensamiento, la mediación de la reacción ante el estímulo externo a través de las señales del mecanismo analógico interno.

Pero si analizamos esta mediación por su esencia, veremos que existe una diferencia de principio entre el trabajo y la máquina y la actividad del cerebro. B. J. Gurévich destaca sobre todo esta circunstancia.

Se pueden distinguir varios rasgos fundamentales en la di-

ferencia esencial que existe entre el trabajo de las máquinas y la actividad del cerebro.

I. En el trabajo de las máquinas, los elementos de mediación tienen como base cierta aptitud para la generalización. Pero esta "generalización mecánica" es cualitativamente distinta de la que realiza el hombre. En el trabajo analógico de la máquina no es posible "alejarse" del medio. El mecanismo analógico de la máquina copia en cierto modo algunos aspectos del medio (en el autómata de Mac Kay se copia el camino). En los autómatas superiores sólo observamos un mínimo de aptitudes para la generalización ante una complicación máxima de la interacción con el medio. En el mejor de los casos, las máquinas sólo se caracterizan por ciertas formas inferiores de actividad adaptativa.

Se conocen dos vías de adaptación: en los insectos, debido a la uniformidad de sus acciones, las formas de generalización son muy pobres, pero los instintos están extraordinariamente desarrollados y representan complicadísimas acumulaciones de conexiones reflejas directas con el medio. La segunda vía por la cual se desarrolla la adaptación es la del hombre y los mamíferos. En ellos se desarrollan los mecanismos de generalización, al mismo tiempo que aumenta la plasticidad del sistema nervioso. B. J. Gurévich está en lo cierto cuando afirma que la construcción de los autómatas modernos tiene ciertas analogías con el sistema nervioso de los insectos.

La máquina es capaz de generalizar sólo en los límites de una clase de sucesos, fuera de los cuales no puede salir. El autómata de Mac Kay puede tomar en consideración la experiencia anterior sólo cuando los sucesos posteriores pertenecen a la misma clase que los anteriores (la alternancia de las curvas del camino hacia la izquierda y la derecha permanece invariable). El hombre, en cambio, también generaliza acontecimientos de otras clases.

II. Por este motivo, la máquina, al tropezar con fenómenos de una nueva clase, se detiene o comienza a organizar su actividad sobre la base de prueba y error. Actúa estadísticamente, considerando las acciones exitosas y no exitosas. El método de prueba y error no es característico del hombre.

Aquí corresponde señalar dos circunstancias:

La máquina busca la solución mediante una selección puramente estadística de las pruebas. El resultado negativo de la prueba sólo da a la máquina una información negativa, que la tarea

no se puede resolver de cierta manera, pero sin decir nada sobre el modo en que hay que resolverla.

Para el hombre, en cambio, el resultado negativo de la experiencia no sólo indica cómo no se puede resolver la tarea, sino que permite vislumbrar en qué forma es preciso buscar la solución.

Esto se debe a que en el hombre predominan las reacciones que tienen lugar al llevar a cabo las decisiones adoptadas después de la reflexión. El hombre, para decirlo con el refrán, no corta siete veces, por el método de prueba y error, sino que reflexiona siete veces para cortar de una sola vez con seguridad. El hombre es capaz de realizar esta operación debido a que su percepción de un nuevo suceso se inserta en la experiencia anterior. En este sentido estamos de acuerdo con Gurévich cuando afirma que, en rigor, para el hombre no puede haber sucesos absolutamente nuevos (es decir, ajenos a sus experiencias cognoscitivas y sus posibilidades de investigación).

El sistema nervioso del hombre se diferencia en forma fundamental de la situación de "caja negra" de la cual parte la cibernética (P. K. Anojin llamó la atención sobre esta circunstancia). En efecto, si, por ejemplo, un químico obtiene una sustancia desconocida para él, aun cuando no puede determinar en seguida cuál es su composición química, cuenta ya con cierta información por su experiencia anterior. Sabe cómo se obtiene esta sustancia, etc

En el desarrollo de la conciencia humana desempeña un papel muy importante la experiencia de la especie, tema que supo abordar Engels. La máquina, antes de empezar su trabajo, es *tabula rasa*, mientras que el hombre hereda una información que en cierta medida sintetiza la experiencia de las generaciones anteriores. También tiene mucha importancia el mecanismo del segundo sistema de señales del hombre que le permite generalizar desde el comienzo mismo no sólo las conexiones que existen dentro de una clase de sucesos sino hacerlo también universalmente con las conexiones entre las clases, sobre la base de la experiencia anterior. En relación con esto, el siguiente ejemplo resulta característico. Al preguntarle a una niña pequeña donde tenía un gatito sus patas, las señaló, e hizo otro tanto cuando se le preguntó dónde tenía la cabeza. Pero se vio en dificultades cuando se le interrogó dónde tenía el hociquito. No obstante, cuando se le explicó que el hociquito era el "rostro" del gato, la niña, lo señaló en seguida. En este ejemplo de formación de la psiquis humana podemos ver cuán

universal deviene la capacidad de generalización del hombre mediante la operación conceptual.

III. La diferencia cualitativa entre el hombre y la máquina se vincula no sólo con la aptitud para la generalización, con la experiencia de la especie, sino también con las características de su desarrollo individual. Ante todo, a la multiprogramación de las máquinas se opone la síntesis de todos los programas del hombre. N. Wiener subraya que el cerebro desarrolla, en lo esencial, un único programa complicado: "... la vida del individuo corresponde a la realización de un programa único" [7].

Al ejecutar un programa nuevo, el cerebro nunca logra extinguir del todo las huellas de los precedentes. Excepto la muerte, ningún proceso natural puede librar al cerebro de su información. En el caso de las máquinas, la situación es distinta. En ellas, una vez cumplido el trabajo de acuerdo con el programa, se pueden borrar prácticamente sus huellas.

IV. Una peculiaridad sumamente importante del cerebro, merced a la cual éste se distingue de un sistema cibernético, es la existencia de uniones no específicas en aquél. Cuando el cerebro recibe alguna señal, ésta actúa específicamente en primer lugar, sobre el centro correspondiente del mismo, por ejemplo, del rostro o del oído, pero, en segundo término, también actúa no específicamente sobre todo el cerebro.

V. Mientras que en la máquina los procesos se suceden formando una cadena cuyos elementos homogéneos están unidos por conexiones homogéneas, merced a su capacidad para la excitación no específica, en el hombre pueden empezar a actuar inmediatamente campos íntegros de neuronas. Esto se vincula con el hecho de que en el cerebro y en la máquina nos encontramos con relaciones unitarias cualitativamente distintas del sistema y con una diferenciación distinta de los elementos. Prescindiendo de que en la máquina, tanto la unidad como la diferencia se hallan menos marcadas que en el cerebro, debe subrayarse que ambas coexisten, en cierta manera. Contrastando con ello, existe en el cerebro una unidad dialéctica, orgánica, entre la integridad del sistema y la sorprendente diferenciación de sus elementos.

En el cerebro humano pueden surgir trasposiciones de estas uniones en las que participan 14 mil millones de células, con lo cual se vinculan la capacidad creadora del cerebro, las soluciones

[7] N. Wiener, *Cibernética*, pág. 163.

intuitivas, los vuelos de la fantasía, la aptitud para operar con ideas "confusas", para obtener un resultado verdadero y riguroso partiendo de premisas no rigurosas.

En la máquina se establecen uniones continuas en forma de cadena; la máquina no puede realizar transiciones repentinas, por saltos, es decir que no puede modificar los principios originales que le han sido fijados. El pensamiento humano, en cambio, efectúa sus descubrimientos más significativos sobre la base de la fantasía creadora lo que representa una ruptura de la continuidad en el proceso del conocimiento. Si observamos por ejemplo la situación de la física hacia fines del siglo XIX, podremos afirmar que la máquina lograría calcular, con la exactitud de un millonésimo, los índices cuantitativos de la irradiación y la absorción pero no habría llegado al importante descubrimiento de Max Planck sobre la discontinuidad del intercambio energético. En el mejor de los casos, la máquina puede comparar las posibilidades en un mismo plano y sobre la base del método de "prueba y error", pero el mundo real y las informaciones sobre éste son amplios, multifacéticos, y no pueden ser reducidos a un plano. El traslado casual de la máquina a otro plano, a una clase de fenómenos no contemplados por el programa, significa una catástrofe, una psicosis de la máquina, un "vértigo de las mónadas", como dice Wiener, basándose en Leibniz. En el hombre, en cambio, según lo expresa J. Poy las asociaciones por saltos excitan el "fondo de ideas inconcientes", que siempre está presente en el cerebro. Para el hombre, tales saltos son necesarios al pasar de una teoría a otra. No es casual que en la actualidad numerosos físicos depositen grandes esperanzas en alguna "idea loca", extremadamente audaz, gracias a la cual la ciencia física recibiría un vigoroso impulso. Sólo el hombre, fundándose en la experiencia, puede determinar dónde, cuándo y cómo se debe "saltar" en el proceso del conocimiento.

La aptitud de quebrar el proceso continuo del conocimiento sobre la base de las experiencias anteriores, teóricas y prácticas, manifestación en la cual no se produce una excitación en cadena sino una integral del cerebro, es una peculiaridad esencial del pensamiento humano, por la cual el cerebro se distingue cualitativamente aun de la máquina cibernética más perfeccionada.

Es evidente que los autómatas superiores de la actualidad poseen ciertos rasgos en común con los animales y con el hombre en lo que respecta a la propiedad del reflejo. Pero nos encontramos aquí con etapas muy distanciadas entre sí de la evolución de

esta propiedad, y no tendría fundamento un acercamiento demasiado próximo. Por eso Mac Kay se muestra muy cauteloso en la aproximación de la máquina y el cerebro, y afirma que la analogía entre el trabajo de la máquina y la conciencia humana difícilmente puede considerarse casual, pero "como argumento lógico" es inadmisible [8].

La construcción de los autómatas superiores permite establecer con más exactitud ciertos mecanismos de la actividad nerviosa superior. Wiener señaló ya que las máquinas cibernéticas son las drosófilas de la fisiología de la actividad nerviosa superior (las drosófilas son insectos que se reproducen con mucha rapidez y se utilizan en genética para estudiar la herencia). Este método experimental para estudiar el cerebro está en todo de acuerdo con la filosofía del marxismo. Lenin decía: "No se puede razonar sobre el alma sin explicar en particular los procesos psíquicos..." [9]. Para comprender los mecanismos psíquicos de adaptación es muy interesante la conclusión relativa al descenso del umbral de excitabilidad ante las señales positivas y la elevación del mismo ante las señales negativas. La cibernética dio fundamento a la tesis del científico soviético P. K. Anojin, quien ya en la década del 30 afirmaba que la actividad nerviosa no se realiza según un arco reflejo, sino de acuerdo con una curva cerrada. Se podrían presentar muchos ejemplos de este tipo. Sin embargo, tampoco aquí hay que exagerar. Gurévich tiene razón, por cierto, cuando dice que al revelar la analogía entre la dirección y los nexos de información "la cibernética [...] no ofrece a los fisiólogos soluciones acabadas" [10].

Más aún, en este caso existe una acción recíproca: los nuevos progresos de las máquinas cibernéticas dependen de los éxitos alcanzados en la fisiología de la actividad nerviosa superior, del conocimiento del cerebro mismo con la ayuda del cerebro, como decía I. Pavlov. Por que, como enseña la dialéctica, lo superior es la clave para entender lo inferior. La cibernética debe sus avances en gran parte a la fisiología. No es casual que Wiener, Mc Culloch y otros investigadores prominentes en el campo de la cibernética hablen con mucho respeto de Pavlov; también por ello Grey Walter denominó CORA a su célebre "tortuga".

[8] Ver *Autómatas*, pág. 325.
[9] Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. I, pág. 158.
[10] Véase *Boletín de la Academia de Ciencias de la URSS*, 1957, núm. 9. pág. 40.

Este planteamiento del problema relativo al nexo de la cibernética y la neurofisiología puede ser objetado, puesto que en su forma actual la primera es sobre todo una ciencia formal, mientras que la segunda es una ciencia del contenido. Sin embargo, aquí hay que tener en cuenta dos circunstancias: en primer lugar, las ciencias de la forma y del contenido están unidas entre sí, no se las puede separar; los enfoques desde el punto de vista de la forma o de contenido constituyen una unidad que se consolida sin cesar; en segundo lugar, la cibernética, a nuestro juicio, no siempre será una ciencia puramente formal, puesto que se irán acrecentando los elementos del contenido.

Cuanto más penetremos en la naturaleza del pensamiento humano, con tanto más éxito podremos estudiarlo mediante máquinas, y, recíprocamente, cuanto más perfectos sean los dispositivos cibernéticos, tanto más sabremos sobre la actividad del cerebro. Al caracterizar este movimiento circular de la información entre la cibernética y la neurofisiología, John Neumann decía: "Como regla general los organismos vivos son mucho más complejos y de organización más sutil, y, por consiguiente, son mucho menos comprensibles en sus detalles que los autómatas artificiales. No obstante, el examen de ciertas leyes de la organización de los organismos vivos puede ser muy útil para estudiar y proyectar los autómatas. Y, a la inversa, gran parte de la experiencia adquirida en nuestro trabajo con los autómatas artificiales puede trasladarse en cierta medida a nuestra interpretación de los organismos naturales"[11].

Sobre la base de lo que antecede podemos concluir que el aspecto neurofisiológico del problema considerado no ofrece un fundamento para identificar la actividad del cerebro y el trabajo de la máquina, por el contrario, permite poner de manifiesto los rasgos esenciales de su diferencia, que se ahonda aún más al investigar el aspecto sociológico de su relación.

Para concluir este capítulo corresponde señalar que la respuesta al problema sobre la relación entre el hombre y la máquina se presenta en dos planos.

El primero es la comparación del trabajo de la máquina y la actividad del cerebro según el estado de cosas actual. Esta comparación (realizada considerando el criterio de Turing, como también el de Mac Kay, que es más categórico) indica que no hay base

11 Véase A. Turing, *¿La máquina puede pensar?*, pág. 59.

para un acercamiento demasiado próximo entre el pensamiento y el trabajo de la máquina, y una respuesta positiva al interrogante relativo a su identidad.

En el segundo plano del problema que se analiza se proyecta esta comparación al futuro, teniendo en cuenta tanto el progreso de la máquina: 1) perfeccionamiento de los elementos de la máquina, remplazo de las válvulas electrónicas por pequeños elementos semiconductores, utilización de la superconductividad, etc.; 2) incremento del número de elementos de la máquina hasta un orden cercano al número de neuronas del cerebro; 3) avance de las máquinas en relación con la posibilidad de que puedan reproducirse por sí mismas, etc., como también el progreso del hombre. 1) liquidación del monopolio del conocimiento; 2)futuro incremento de la "experiencia de la especie"; 3) actividad en condiciones de abundancia, sin la preocupación por el alimento; 4) liquidar en el mundo entero los elementos caóticos del desarrollo social, tales como las crisis y la guerra etc. Se requiere gran cautela para considerar este segundo plano; las soluciones especulativas inapelables pueden llevar aquí a un callejón sin salida.

De todos modos, todo examen de la relación entre el hombre y la máquina, en cualquier período futuro que se tome, debe partir de dos circunstancias fundamentales: 1) del hecho que los autómatas son algo derivados con relación a la actividad racional del hombre, lo cual determina todo el curso posterior de la evolución de las máquinas; 2) de la necesidad de tener en cuenta la naturaleza social del hombre, cuyo análisis realizaremos a continuación.

2. *La cualidad esencial del hombre.*

El problema de la naturaleza del pensamiento humano es un aspecto del que se refiere a la cualidad esencial del hombre. Pero esta cuestión no puede ser resuelta en los límites de la fisiología y la psicología: exige un análisis social. Puede afirmarse que si el secreto de los dispositivos cibernéticos se centra en la neurofisiología y la psicología, el de la fisiología de la actividad nerviosa superior humana se encuentra en la sociología.

Por este motivo al resolver el problema de la relación entre el hombre y la máquina corresponde al aspecto sociológico un papel esencial.

Los esfuerzos de la fisiología antigua por dar solución al problema de la cualidad esencial del hombre sin analizar este aspec-

to no ofrecían la posibilidad de pasar más allá de la superficie de los fenómenos y conducían inevitablemente al idealismo. En este sentido es característico el juicio del célebre pensador francés Blas Pascal: "Puedo representarme a la perfección —escribía— un hombre sin manos, sin pies. Podría imaginarlo aun sin cabeza , si la experiencia no me indicara que la necesita para pensar. Por consiguiente, el pensamiento constituye la esencia del hombre, y es imposible concebirlo sin él" [12].

Es evidente que esta subestimación de las manos, este modo de reducir la cualidad esencial del hombre al pensamiento, se explica por la sobrestimación del papel asignado al trabajo intelectual, separado del trabajo físico en una sociedad de clase, y por el hecho de no comprender el papel decisivo de la actividad social material de los hombres.

Al referirse a este aspecto de la cuestión, P. V. Kopnin, en la obra *Concepto de pensamiento y cibernética*, subraya lo siguiente: "... Supongamos que en un laboratorio bioquímico se obtiene una sustancia idéntica a las neuronas. ¿Podría pensar? Se puede responder categóricamente que no, porque el pensamiento no sólo es una propiedad de la materia que ha llegado a un alto grado de organización sino que también es producto de la historia social" [13].

En la literatura extranjera sobre cibernética, la comparación entre el hombre y la máquina se hace con frecuencia prescindiendo del análisis sociológico. Es natural que se pregunte cuál es la causa de ello. La respuesta es que en el régimen capitalista la persona y la sociedad se encuentran en relación de conflicto. Los intelectuales tienen conciencia de él, y de ahí surgen las ilusiones de todo género sobre el encierro del individuo en la "torre de marfil", su aislamiento de la sociedad. Este es uno de los motivos por los cuales los científicos burgueses se inclinan a estudiar al hombre prescindiendo de las relaciones sociales. Un importante factor gnoseológico de este enfoque es el conflicto que existe entre las ciencias naturales y sociales bajo el capitalismo. Las ciencias naturales tienen en general un carácter científico, pero en el imperialismo la sociología burguesa es anticientífica hasta la médula. Por tal razón los científicos naturalistas burgueses que se dedican a la cibernética procuran conocer la cualidad esencial del hom-

12 Ver *E.* Condillac, *Tratado de los sistemas*, Moscú, 1938, pág. 18.
13 *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 2, pág. 106.

bre sólo por medio de las ciencias naturales, considerándolo únicamente como un ser biológico y prescindiendo de su naturaleza social.

La cualidad esencial del hombre se expresa con la mayor claridad en dos rasgos orgánicamente unidos, inherentes sólo a él, y que determinan su comportamiento, su naturaleza social y el carácter de su trabajo, en el que utiliza instrumentos de producción.

Empezaremos por analizar el primer rasgo que caracteriza la esencia del hombre. El hecho en sí de la naturaleza social del hombre fue establecido hace mucho tiempo. Ya Aristóteles definía al hombre como "animal político". Pero sólo el marxismo, de modo científico y consecuente, ha revelado en qué consiste la naturaleza social del hombre pues los pensadores premarxistas concebían este concepto sólo con criterio biológico. En una de sus obras, el antiguo filósofo griego Platón, presenta el siguiente mito sobre el origen de la esencia del hombre. Los dioses crearon todo lo vivo, a partir de la tierra y el fuego. Después, dos hermanos, Prometeo y Epimeteo, empezaron a distribuir entre todos los seres vivos los bienes necesarios para su existencia. Unos recibieron cuernos y pezuñas, otros espeso pelaje, otros los dientes agudos, otros la vivienda subterránea, otros la habilidad para trepar a los árboles. Por encargo de su hermano, Epimeteo distribuyó todas las capacidades, pero cuando le llegó el turno al hombre, resultó que no quedaba ninguna para él. Entonces Prometeo, para salvar de la muerte al hombre, que no tenía pezuñas, ni dientes agudos, ni cuernos, ni pelaje que lo cubriese, le dio el fuego, que era privilegio de los dioses.

Al estudiar este mito, el científico progresista inglés G. Thompson escribe en su libro *Los Primeros filósofos* * que tiene una razón de ser e interpreta que, al poseer el fuego, los hombres desarrollan su cerebro, importante instrumento que les hizo posible sobrevivir en un medio hostil. Señala que despues de descender de los árboles hasta el suelo y de haber aprendido a caminar sobre él, el hombre quedó predestinado a una existencia en la cual el desarrollo posterior del cerebro significa la única posibilidad de sobrevivir.

Por consiguiente, al no poseer los medios de adaptación comunes a los animales, el hombre se vio obligado a seguir elaborando nuevos reflejos de orientación como respuesta a las señales del medio, que cambiaban sin cesar.

Con el transcurso de la historia, en la vida de los hombres es

* Ed. cast. Fondo Cultura Econ., México, *Los Primeros filósofos*. (*Ed.*).

cada vez menos dominante el papel de los factores puramente biológicos y mayor el de los factores sociales; más aún, los primeros dependen de las condiciones sociales.

Para luchar contra la naturaleza, los hombres se unen cada vez más estrechamente en grupos, sus relaciones sociales se vuelven más polifacéticas, se vinculan con la naturaleza actuando los unos sobre los otros; sin esto no hay relación humana con la naturaleza. "En la producción —dice Marx— los hombres no actúan solamente sobre la naturaleza, sino que actúan también los unos sobre los otros. No pueden producir sin asociarse de un modo determinado para actuar en común y establecer un intercambio de actividades. Para producir, los hombres contraen determinados vínculos y relaciones, y a través de estos vínculos y relaciones sociales, y sólo a través de ellos, es como se relacionan con la naturaleza y cómo se efectúa la producción" [14]. La conciencia humana sólo surge como producto social. El ulterior desarrollo del cerebro del hombre no se realiza bajo la acción directa del medio, sino por influjo de las relaciones sociales. La conciencia del hombre, como decían Marx y Engels, es desde su mismo comienzo un producto social, y seguirá siéndolo mientras existan los hombres. Al señalar la naturaleza social del hombre, decía Marx en *El capital*: "Como no viene al mundo provisto de un espejo ni proclamando filosóficamente, como Fichte: «Yo soy yo» sólo se refleja, de primera intención, en un semejante. Para referirse a sí mismo como hombre, el hombre Pedro tiene que empezar refiriéndose al hombre Pablo como a su igual. Y al hacerlo así, el tal Pablo es para él con pelos y señales, en su corporeidad paulina, la forma o manifestación que reviste el género hombre" [15].

Surge la importantísima ley del desarrollo de la conciencia humana, que Engels llamó la "experiencia de la sucesión de generaciones", la "experiencia de la especie". El individuo alcanza la posibilidad de utilizar en forma sintética la información reunida por toda la humanidad. Engels explicaba por esta circunstancia, en particular, la facilidad aparentemente tan misteriosa con que el niño de nuestros días llega a comprender los axiomas matemáticos más simples.

El hombre no existe como tal fuera del vínculo con otros hom-

14 C. Marx y F. Engels, *Obras escogidas*, Ed. Cartago, pág. 54, Bs. As., 1957.

15 Idem, *El capital*, t. I, pág. 47.

bres. Si se penetra en la estructura interna del cuerpo humano, se encuentra el corazón y el cerebro, el estómago y el hígado, pero "la esencia del hombre" no está allí. El hombre es el único objeto material cuya cualidad esencial no se encuentra en él mismo, separadamente de los otros. La esencia del hombre Pablo y del hombre Pedro no la hallaremos en uno ni en otro, sino en la relación social que existe entre ellos. Marx decía en sus célebres *Tesis sobre Feuerbach* que el hombre se define en el conjunto de sus relaciones sociales.

La cibernética estudia los sistemas complejos. Por consiguiente desde el punto de vista de la cibernética podemos definir al hombre como un sistema complejo, cuya esencia se encuentra fuera de este sistema individual, en las relaciones sociales objetivas que existen independientemente de la voluntad y la conciencia de los hombres. De ahí surge que no sólo es el portador del desarrollo social, sino también su resultado. "...la verdadera riqueza espiritual del individuo depende enteramente de la riqueza de sus relaciones efectivas..." La esencia de la máquina cibernética reside en ella misma, en la estructura de los elementos que la componen, en la seguridad de su funcionamiento. Por tal motivo, el progreso de la máquina está determinado por el perfeccionamiento de su estructura interna.

En consecuencia, al comparar el hombre con la máquina cibernética, señalando el desarrollo progresista de esta última, es forzoso considerar también las gigantescas posibilidades que existen en cuanto al perfeccionamiento de la fisonomía espiritual del hombre a medida que mejoren las relaciones sociales. Porque si la "máquina pensante" sólo dio los primeros pasos de su desarrollo, el hombre se encuentra en una etapa relativamente temprana de su evolución, en los comienzos de la auténtica historia humana, en los umbrales del comunismo, sociedad en cuya bandera está estampada la consigna: "Todo para el hombre". No se pueden comparar las perspectivas del desarrollo de las máquinas cibernéticas y las aptitudes humanas si se ignora el hecho indiscutible de que el progreso social del hombre es incesante.

En este plano es muy significativo el intento de W. Ashby de fijar las perspectivas de comparar la máquina y el hombre en el futuro sobre la base de un índice particular, que llama "cociente de intelectualidad". Se trata de un índice muy convencional que indica la relación del número de puntos reunidos por un individuo dado en determinado experimento, respecto del promedio que reúne el hombre de su edad en el mismo experimento. Este valor oscila

entre 0,4 y 1,5 y por razones de comodidad se lo multiplica por 100.

En el artículo *Esquema de un amplificador de aptitudes mentales*, W. Ashby señala que hay muy pocos hombres con un "cociente intelectual" de 150, y que no hay quienes lleguen a 200. Además, esta magnitud tendería a disminuir, debido a que los individuos de intelecto más desarrollado tienen menos descendientes. W. Ashby propone incrementar el "cociente intelectual" mediante el amplificador de aptitudes mentales, considerando que el factor decisivo que las determina es la habilidad para seleccionar datos.

La idea de tal amplificador, considerada en sí misma, parece fecunda. Sin embargo, al formularla prescindiendo por completo de las condiciones sociales de vida de los hombres, sin tener en cuenta que la desigualdad intelectual no se puede considerar simplemente, como resultado de la organización biológica del individuo, sino que está vinculada con la desigualdad social, Ashby llega a conclusiones equivocadas. Estos errores se pueden llamar "ilusiones panicibernéticas", tienen relación con las esperanzas infundadas de que los métodos científicos elaborados por la cibernética pueden arreglar absolutamente todo en la vida de los hombres.

Al comienzo de su trabajo *Esquema de un amplificador de aptitudes mentales*, W. Ashby escribe lo siguiente: "Hemos construido una civilización que no comprendemos y descubrimos que escapa a nuestro control." [16]

Esta tesis muestra en forma evidente la perplejidad del intelectual burgués ante la ciega espontaneidad del imperialismo contemporáneo. Pero no se trata sólo de esto. Ashby intenta hallar salida a la situación creada, y deposita sus esperanzas en un fortalecimiento de las aptitudes intelectuales del hombre, que le permitiría orientarse en el cúmulo de las fuerzas espontáneas de la sociedad capitalista moderna. Está sinceramente convencido de que entonces desaparecerán todos los males de la sociedad. En *Introducción a la cibernética* afirma que "la cibernética nos ofrece la esperanza de crear los métodos esenciales con los que se puede atacar los males psicológicos, sociales y económicos que en la actualidad nos aplastan por su intrínseca complejidad" [17].

En este típico juicio se manifiesta la forma actual de las ilusiones intelectuales, que nacen porque no se comprende la naturaleza objetiva del proceso social, ni tampoco el hecho indiscutible de

16 Ver *Autómatas*, págs. 281-282.
17 W. Ashby, *ob. cit.*, pág. 20.

que los "métodos fundamentales" para eliminar los males del capitalismo no sólo fueron descubiertos hace mucho tiempo por el marxismo-leninismo, sino que también han sido realizados en la práctica por los países del campo socialista.

La ciencia marxista-leninista hizo un descubrimiento importantísimo al establecer que el desarrollo de la producción material desempeña un papel determinante en la vida de los hombres. "Lo que los individuos son —decían Marx y Engels— depende [...] de las condiciones materiales de su producción" [18]. Estas condiciones materiales de producción determinan las relaciones sociales de los hombres. Aquí llegamos a la segunda característica principal de la naturaleza humana: la producción de instrumentos de producción.

Al subrayar el papel de la actividad vital como rasgo que distingue al hombre de la máquina, el destacado fisiólogo soviético, profesor N. Bernstein, dice con razón: "La diferencia más clara y profunda por principio entre tales máquinas y el ser vivo no consiste en modo alguno en que las primeras contienen en sus esquemas cientos o millares de lámparas electrónicas y transistores, mientras que el segundo posee muchos miles de millones de elementos funcionales, neuronas y vías de conducción. La diferencia principal (ésta sería la opinión que sustentan todos los críticos serios que se ocupan de este problema) es que la máquina electrónica *es construida por el hombre,* para ciertos fines que se propone conscientemente; el hombre le fija tal o cual *programa,* que responde a sus propósitos y dentro de cuyos límites la máquina deberá trabajar, revelando sus magníficas cualidades de rapidez y exactitud. En cuanto al organismo vivo y su cerebro, *nada que sea exterior a él le ha fijado programa alguno.* El problema de cómo y por qué vías y mecanismos se construyó y autoprogramó evolutivamente el cerebro vivo, de qué manera, bajo la influencia del trabajo y las condiciones sociales, se autoprogramó el cerebro del hombre, puede ser el más central y profundo de todos los problemas bisociales. Pero subsiste el hecho básico e indiscutible de que todo este proceso se realizó en consonancia con la *actividad vital* y la autoorganización" [19].

A diferencia de los animales, que se adaptan de manera pasiva al medio, el hombre subordina activamente la naturaleza circundante a sus tareas y objetivos.

[18] C. Marx y F. Engels, *La ideología alemana,* ed. Pueblos Unidos, Montevideo, pág. 19. (*Ed.*).

[19] Véase V. D. Moiséiev, *Problemas de cibernética en biología y medicina,* págs. 21-22.

El intercambio entre el hombre y la naturaleza se realiza durante el trabajo. En este proceso ocupa un sitio central la producción de instrumentos. Desde los primeros pasos de su historia, los hombres produjeron todo género de instrumentos de trabajo. Ya el agricultor primitivo, antes de cultivar el suelo, se afanaba por aguzar la madera que luego utilizaría como herramienta. Marx, definiendo en *El capital*, la naturaleza del hombre, a quien Aristóteles llamó "animal político", se revela más profundamente en la célebre fórmula del gran pensador norteamericano Franklin, al afirmar que el hombre es un "animal que produce instrumentos de trabajo".

El uso de instrumentos de producción es un rasgo determinante de la actividad del hombre, que caracteriza su interacción con la naturaleza. La característica peculiar de la relación mutua que existe entre el hombre y la naturaleza es la índola indirecta de esta relación. El hombre se vincula con la naturaleza por un eslabón de enlace, el instrumento de producción. "El medio de trabajo —dice Marx en *El capital*— es aquel objeto o conjunto de objetos que el obrero interpone entre él y el objeto que trabaja y que le sirve para encauzar su actividad sobre este objeto. El hombre se sirve de las cualidades mecánicas, físicas y químicas de las cosas para utilizarlas con arreglo al fin perseguido, como instrumento de actuación sobre estas cosas" [20].

Este principio es válido en todos sus aspectos para las máquinas cibernéticas. Sólo hay que agregar aquí la fórmula de Marx que el hombre aprendió a utilizar también las propiedades del reflejo, junto con "las propiedades mecánicas, físicas y químicas de los objetos". La transición en el proceso laboral hacia el empleo de las máquinas cibernéticas no modifica la esencia de la función que es inherente a todos los instrumentos de producción: servir de eslabón de enlace entre el hombre y la naturaleza.

Por consiguiente, las máquinas jamás formarán un reino independiente; su destino es más modesto: constituir el eslabón de enlace entre el reino de la naturaleza y la sociedad humana.

Como eslabón entre el hombre y la naturaleza, el instrumento de producción está indisolublemente unido al primero, y constituye, al decir de Marx, la prolongación natural de sus órganos naturales.

Algunos consideran que esta trasferencia de operaciones hacia

20 Carlos Marx, *El capital*, t. I, ed. cit., pág. 148.
21 *Voprosi psicologui*, 1959, núm. 4, pág. 5.

la máquina, liberando de ellas al hombre, es una forma de adaptación humana al medio.

Gurévich, por ejemplo, afirma que el proceso constante de liberación del cerebro para realizar tareas cada vez más elevadas [21], asegurar su desarrollo y tiene el caracter de una forma superior de adaptación al medio.

Pero el hecho es que la interacción del hombre con el medio no está determinada (excepto en los primeros pasos de la historia) por la adaptación a éste. El hombre conquista activamente el ambiente natural, y luego también el social, lo modifica, adaptándolo a sus propias necesidades, lo "humaniza". Por esta causa el estado social del hombre no puede ser caracterizado por el concepto de homeostasis, porque en este caso lo fundamental no es la subsistencia de las relaciones existentes con el medio, sino el esfuerzo por perfeccionar esta relación mediante el cambio revolucionario del medio natural y social, y del hombre mismo.

Lo esencial en el estado social del hombre no es la homeostasis, sino el progreso, el desarrollo del proceso por el cual el ser humano efectúa la conquista del medio. Este desarrollo progresivo se funda en la creciente complejidad de los instrumentos con los cuales el hombre se vincula con el medio y lo conquista.

En conclusión destacamos tres circunstancias que desempeñan un importante papel al resolver el problema analizado.

1. A diferencia de la máquina, el hombre es de naturaleza social; su esencia no se encuentra en él aisladamente sino en sus relaciones con sus congéneres. En contraste con todos los sistemas dinámicos complejos, es un sistema complejo cuya esencia radica en las relaciones con sus semejantes.

2. El término "homeostasis" es escasamente aplicable al comportamiento social del hombre, el que no se limita a defenderse del medio para alcanzar el equilibrio con éste, sino que actúa activa y constantemente sobre él, para someterlo a su voluntad.

3. Por compleja e "inteligente" que sea la máquina, no es más que un eslabón de enlace que vincula al hombre con la naturaleza. El trabajo de aquella siempre se encuadra en la actividad humana. El hombre no sólo es el "primum móvil" del sistema de las máquinas, sino también el eslabón final del mismo, el que realiza el control supremo de todo este sistema.

Por consiguiente, la máquina no es una competidora del hombre, sino su acompañante. Como la Luna, satélite de la Tierra, las má-

quinas no tienen luz propia; brillan reflejando la luz de la razón humana.

Precisamente porque el trabajo de la máquina deriva de la actividad humana y en su culminación se aproxima a esta actividad, el papel principal en la relación entre el hombre y la máquina corresponde al primero.

Y puesto que la naturaleza del hombre no es inmutable, el problema mismo de la relación entre éste y la máquina debe plantearse y resolverse en unidad orgánica con las condiciones históricas concretas del desarrollo de las formaciones sociales.

CAPÍTULO V

EL PAPEL DE LAS MAQUINAS CIBERNETICAS

La investigación del papel que desempeñan las máquinas en la vida del hombre, no se reduce a considerar las funciones generales que cumplen en el proceso de producción, prescindiendo de la forma social del mismo. Esta última tiene una influencia determinante sobre el carácter mismo del empleo de las máquinas y sobre las perspectivas de su aplicación. Por consiguiente, así como las perspectivas de desarrollo del hombre no dependen de los factores biológicos, sino de los sociales, también las perspectivas de perfeccionamiento de las máquinas y su aplicación dependen, en fin de cuentas, de factores que no son puramente técnicos, sino sociales.

En nuestra época, cuando el papel de la ciencia en la vida de la sociedad adquiere proporciones gigantescas, los problemas sociales pasan al primer plano aun al analizar los datos de las ciencias naturales. En la era de las bombas atómicas, de la conquista del cosmos, de la creación de complicadísimas máquinas cibernéticas, tiene particular importancia resolver con claridad los problemas de la relación entre ciencia y sociedad.

Estas consideraciones generales tienen especial significación para la cibernética, y así lo comprende un núcleo cada vez más amplio de científicos de Occidente. No es casual que Wiener, en la segunda edición del libro *Cibernética,* publicada en 1961, haya agregado un capítulo especial titulado *Aprendizaje y autorreproducción de las máquinas,* en el que dedica preferente atención a demostrar las funestas consecuencias que acarrearía a la humanidad el empleo de las máquinas cibernéticas en una guerra atómica.

También se admite mundialmente que la cibernética es la base técnico-científica de la automatización de la producción. Y la automatización representa un fenómeno social complejo. Por lo tanto,

también aquí nos enfrentamos con un agudísimo problema sociológico, vinculado con el desarrollo de la cibernética.

En el capitalismo agonizante las máquinas cibernéticas modernas, magníficas conquistas del genio humano, se destinan a otros fines que en el sistema socialista. La diferencia de principio que existe en el empleo de la técnica cibernética en el capitalismo y el socialismo es una clarísima expresión de la antítesis fundamental de estos sistemas sociales.

1. *Automatización y agravamiento de la crisis del capitalismo.*

Desde sus mismos comienzos, el régimen de la propiedad privada estuvo desgarrado por una ignominiosa contradicción: el propietario de los instrumentos de producción, apartado del proceso laboral, vive a expensas de los trabajadores, que manejan dichos instrumentos pero no son sus dueños.

Este conflicto alcanza su máxima tensión en el capitalismo moderno, sobre todo con el empleo de las máquinas cibernéticas, capaces de automatizar los procesos de producción.

Desde los albores de la producción capitalista maquinizada, la máquina fue el arma de la burguesía en la lucha contra los trabajadores, el medio para remplazar el trabajo vivo por el trabajo muerto, social, bajo la forma de máquinas cada vez más productivas. Subrayando este hecho, Marx decía que como "potencia hostil al obrero, la maquinaria es proclamada y manejada de un modo tendencioso y ostenso por el capital"[1].

Esta hostilidad hacia el obrero del modo capitalista de utilizar las máquinas, se manifiesta claramente en un fenómeno tan monstruoso como la desocupación. El empleo de una técnica más productiva determina un crecimiento de la composición orgánica del capital un aumento más rápido y significativo del capital constante en comparación con el variable. Puesto en su totalidad, sino sólo por la parte variable del mismo, resulta evidente que la consecuencia inevitable del progreso técnico bajo tales condiciones del modo capitalista de producción es la desocupación crónica.

En *Cibernética y sociedad*, Wiener señala que la introducción de las máquinas automáticas "producirá una situación en el mercado de trabajo al lado de la cual la crisis presente y hasta la de-

1 C. Marx, *El capital*, t. I, ed. cit., pág. 348.

presión de la tercera década de este siglo parecerán problemas agradables" [2].

Los hechos hablan sobre el aumento catastrófico de la desocupación en el mundo capitalista bajo las condiciones de la automatización. Un estudio realizado durante el año 1956 en la fábrica Renault, en un sector automatizado destinado a elaborar bloques de motores demostró que los gastos totales en concepto de instalaciones, local, etc., utilizando equipos especializados, ascendían a 303.4 millones de francos, mientras que con la línea automática en cadena la suma era de 358.9 millones de francos. El número de obreros, en cambio, al automatizarse el sector, se redujo de 41 a 8.

En el informe del director de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) se afirma que en una de las fábricas Ford, después de automatizarse la producción sólo quedó el 10 % de los obreros, mientras que la producción se duplicó. En el mismo informe se expresa el desconsolador vaticinio de que, al proseguir la automatización, el número de obreros de la industria del automóvil disminuirá en 4 veces.

Los economistas norteamericanos introdujeron un término especial: "desocuación tecnológica", es decir, la desocupación directamente provocada por el paso a la automatización. De acuerdo con cálculos norteamericanos hay ahora en EE. UU. 3 millones de "desocupados tecnológicos". Según estimaciones de Heller (director del consejo de expertos económicos adjunto al presidente de EE. UU.) durante los próximos 5 años, la implantación del nuevo sistema técnico dará como resultado la eliminación de 10 millones de empleos, o sea el 15 % del total de empleos en la economía de EE. UU. (exceptuada la agricultura) [3]

El ascenso de la productividad del trabajo debido a la automatización no acrecienta el poder adquisitivo de los trabajadores de los países capitalistas. El director general de la Organización Internacional del Trabajo, J. Morse al referirse a las consecuencias de la automatización en el capitalismo se vio obligado a reconocer en la 40ª sesión de la OIT, lo siguiente: "La automatización revela esta paradoja: las masas vegetan soportando penosas privaciones, al mismo tiempo que los depósitos están repletos de mercaderías y la técnica se utiliza de modo incompleto."

En el capitalismo, la automatización no sólo provoca un mar-

2 N. Wiener, *Cibernética y sociedad*, ed. cit., pág. 152.

3 Ver *Economía mundial y relaciones internacionales*, 1961, núm. 10, págs. 54 y 68.

cado aumento de la desocupación; sino también la degradación del proceso laboral y de la personalidad misma del obrero que continúa en la producción. Marx ya subrayaba que en la producción capitalista maquinizada, el obrero desciende al nivel de apéndice de la máquina. "Incluso el alivio del trabajo se convierte en instrumento de tortura, porque la máquina no emancipa al obrero de su labor, sino que la despoja de todo contenido" [4].

No en vano los economistas y psicólogos burgueses comienzan a referirse a la "tristeza industrial", como estado del obrero en la producción capitalista automatizada. Un obrero sueco informó lo siguiente a un sociólogo que realizaba una encuesta: "En niguna hora de mi trabajo tuve sensación alguna de alegría por mi trabajo. Mis aptitudes intelectuales son innecesarias aquí; daría lo mismo colgarlas en un gancho del guardarropa" [5].

Una consecuencia igualmente monstruosa de la intensificación de la producción capitalista moderna es el traumatismo masivo, el rápido agotamiento de las fuerzas físicas y nerviosas del obrero. En su obra clásica *Un sistema "científico" de exprimir el sudor*, de 1913, al comenzar la época del imperialismo, Lenin escribía que "El progreso de la técnica y la ciencia significa en la sociedad capitalista el progreso del arte de exprimir el sudor", que la intensificación del trabajo agota despiadadamente las fuerzas del obrero. "exprimen con triplicada velocidad cada gota de la energía nerviosa y muscular del esclavo asalariado" [6].

En manos de los monopolios y con un elevado nivel técnico, la producción capitalista moderna incrementó catastróficamente la magnitud del derroche que ya pusiera de manifiesto Marx en *El capital* al decir que con relación a las formaciones precapitalistas, la producción capitalista "representa en grado incomparablemente mayor que cualquier otro modo de producción, un derroche de hombres, de trabajo vivo, derroche no sólo de cuerpos y sangre, sino también de nervios y cerebros" [7].

El capitalismo monopolista, dilapida la vida de los hombres en escala mucho mayor que su predecesor. Al describir la monstruosa fábrica de exterminio de obreros en que se ha trasformado la pro-

4 C. Marx y F. Engels, *Obras completas*, t. XXIII, pág. 434.

5 Ver *Economía mundial y relaciones internacionales*, 1961, núm. 10, pág. 69.

6 Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XVIII, pág. 584.

7 C. Marx y F. Engels, *Obras completas*, ed. cit., t. XXV, soc. I., págs. 100-101.

ducción moderna en EE.UU., los sociólogos norteamericanos J. y A. Sommers afirman: "Imaginemos el enorme ejército de los obreros de EE. UU., retornando a sus hogares, y calculemos sus pérdidas en un día de trabajo. Las mismas ascienden a 62 hombres muertos y 350 gravemente mutilados. Además 7.600 hombres sufren traumas que les impiden trabajar durante 18 días, como promedio. En otras palabras, cada 3 minutos un obrero norteamericano muere o se convierte en un inválido, y cada 11 minutos un trabajador es víctima de un accidente" [8].

A la luz de estos hechos irrefutables se destaca con particular claridad el cinismo de la ideología burguesa contemporánea, la que, por ejemplo, ha incorporado a su arsenal la llamada "psicología industrial", inventada por los freudianos Alexander y Jung y que explica el traumatismo diciendo que el obrero tiene un deseo inconciente de castigarse a sí mismo debido al sentimiento de culpa ante el patrón, y propone buscar las causas en las particularidades psíquicas del paciente.

El programa del PCUS pone de manifiesto las características inhumanas de la automatización que tiene lugar en el régimen capitalista y afirma: "Dada la dominación del capital monopolista, el progreso técnico se vuelve contra la clase obrera. Recurriendo a nuevas formas, los monopolios intensifican la explotación de la clase obrera" [9].

La clase obrera de los países burgueses lucha contra las consecuencias de la automatización capitalista. Los trabajadores exigen que se reduzca la jornada de trabajo manteniendo el salario, a fin de incrementar la ocupación. Con tal motivo, al celebrar los convenios colectivos para 1961, la mayoría de los sindicatos norteamericanos reclamaron que se redujera la semana laboral a 32 horas, con el mismo pago que la de 40. Pero "a pesar de los éxitos aislados que la clase obrera obtiene en su lucha económica la situación general de dicha clase en el mundo capitalista empeora" [10], afírmase en el Programa del PCUS.

Para salir al encuentro de los legítimos esfuerzos que realizan los obreros para atenuar la opresión a que los somete la automatización capitalista, los ideólogos burgueses y sus sirvientes revisionistas inventan toda clase de artificios apologéticos para defender el

8 *Economía mundial y relaciones internacionales*, 1961, núm. 10, pág. 69.
9 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 431.
10 *Idem*, pág. 434.

capitalismo monopolista de Estado. Por ejemplo, al establecer el ingreso anual del obrero norteamericano utilizan el siguiente método: multiplican el promedio del salario semanal por el número de semanas del año (por este procedimiento, particularmente, se "establecía" el salario del obrero en la exposición norteamericana de Moscú, del año 1949). Sin embargo, sólo la mitad de los obreros norteamericanos trabajaban 52 semanas al año.

Los ideólogos burgueses intentan demostrar que la disminución de los empleos, producto de la automatización, puede compensarse elevando la demanda de fuerza de trabajo en ramas que fabrican medios de automatización. Esta afirmación no tiene el menor fundamento. Es cierto que desde 1943 a 1955, el número de obreros dedicados a la producción de equipos automáticos aumentó en un 50 %, pero esta cantidad no puede compensar la merma de empleos en otras ramas, y , por otra parte, incluso este aumento sólo estuvo relacionado en el período de reequipamiento de la industria. En la industria electrotécnica, por ejemplo, el número de obreros no aumentó desde 1953 hasta 1949 (1.242.000 en 1949 contra 1.220.000 en 1953.

A pesar de que en algunas industrias surge ocasionalmente la demanda de fuerza de trabajo, el obrero despedido a causa de la automatización, por su especialidad no puede aprovechar esa demanda porque la sociedad capitalista, no crea las condiciones necesarias para que los trabajadores se vuelvan a calificar en otra especialidad. En un informe dedicado a los problemas de la automatización, inclusive la federación gremial AFL-CIO, defensora del capitalismo, se vio obligada a señalar: "Para los obreros despedidos no es gran consuelo saber que para los ingenieros, maestros y los especialistas en la esfera de la administración estatal y local aumentan las posibilidades de conseguir empleo. El obrero, minero o trasportista parado no puede convertirse de repente en ingeniero o maestro. Tampoco le resulta fácil conseguir ocupación por la jornada completa, con el mismo nivel de salario, en el comercio minorista, en el mayorista, o en las tareas menos calificadas" [11].

En la etapa actual del capitalismo, los sociólogos burgueses destacan muy especialmente la "planificación", el control estatal. Al poner al desnudo decididamente los artificios de este género, decía Lenin: "Los burgueses mienten al presentar como «control» las

11 *Economía mundial y relaciones internacionales*, 1961, núm. 10, pág. 52.

medidas de regulación implantadas por el Estado, asegurar a los capitalistas ganancias triplicadas sino decuplicadas"[12].

Hasta en el plano de la empresa capitalista considerada aisladamente, la función de dirigir el trabajo de la sociedad tiene carácter antagónico, porque, como señalaba Marx, al mismo tiempo cumple la función de explotar.

Para velar el carácter antagónico de la dirección capitalista, los ideólogos burgueses agitan la idea reaccionaria de dirigir el proceso del trabajo social sin trabajadores. Durante los primeros años de la automatización en los países capitalistas alcanzaron amplia difusión las ilusiones reaccionarias sobre la "producción sin obreros". Ya en 1953, Wall Street Journal, órgano de los magnates imperialistas, formulando abiertamente esta idea sostenía que la automatización consiste en "eliminar a los obreros por completo"[13]. Inclusive los propios capitalistas se ven obligados a reconocer la inconsistencia de este género de ilusiones. En la actualidad aún los magnates capitalistas advierten, por numerosos índices fundamentales, que las máquinas no pueden sustituir el hombre-productor.

Los ideólogos burgueses han revelado una incapacidad absoluta para resolver de una manera coherente el problema de la automatización de la producción. El jefe de redacción del periódico *L'Humanité*, René Henriot en un artículo que titula en forma pintoresca *La piel de zapa de los abogados del capitalismo*, ridiculizando los esfuerzos de los ideólogos burgueses, señala que la Asociación para el estudio de los problemas europeos, que se reunió en mayo de 1961, en Turín, al no hallar solución alguna en la lucha contra los efectos de la automatización, recomendó a las fábricas... que trabajaran día por medio[14].

Por más que se ingenien los ideólogos burgueses, no pueden soslayar el hecho real de que el capitalismo, como siempre, recurre a su medio "clásico" de lucha contra la abundancia: a las crisis económicas. Basta señalar que si de los 60 años de nuestro siglo se descuentan los 13 años correspondientes a las dos guerras mundiales, en los 47 años restantes, 24 fueron de crisis, durante 7 hubo depresión y sólo en 16 años se advirtió cierta reactivación de la economía, íntimamente unida a la coyuntura bélica inflacionaria.

La naturaleza deforme del capitalismo se manifiesta con ma-

12 V. Lenin, *ob. cit.*, t. XXV, pág. 37, (*Ed.*).
13 Ver *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 5, pág. 47.
14 *Izvestia*, 2 de noviembre de 1961.

yor claridad en la militarización. En el Programa del PCUS se define con exactitud clásica este aspecto de la cuestión: "El imperialismo utiliza el progreso técnico principalmente para fines militares. Hace que las realizaciones de la inteligencia humana se vuelvan contra la propia humanidad" [15].

En el régimen del capitalismo monopolista de Estado, la aplicación de la técnica para fines pacíficos, tropieza con dificultades cada vez mayores. Ya en el siglo XIX tardaron en abrirse camino ciertos adelantos tan extraordinarios como la hélice, el caucho, la iluminación eléctrica, el teléfono, el cable submarino. Con mucha frecuencia, las más grandes innovaciones técnicas sólo tuvieron su primera aplicación en la esfera de producción de armamentos. Así, por ejemplo, en 1833 se lanzó la primera línea en cadena en una fábrica que preparaba municiones para la flota británica. El importantísimo principio de la standardización y el intercambio de repuestos fue aplicado por vez primera en EE. UU. para la producción de armas de artillería liviana. El talentoso metalúrgico Henri Martin murió en la miseria, mientras que el empleado de ferretería John Gates, inventor del alambre de púa, ganó una cuantiosa fortuna. Tales son los hechos que registra la historia de la época de la libre competencia.

Estos procesos se exacerban incomparablemente en la época del dominio de los monopolios, cuando, según lo expresa Lenin, "la técnica del capitalismo demuestra con cada día que pasa que es *superior* a las condiciones sociales que condenan a los trabajadores a la esclavitud asalariada" [16]. Los frenos artificiales que traban al progreso técnico son uno de los rasgos característicos del imperialismo en descomposición. Según estimaciones norteamericanas, del 92 al 98 % de los descubrimientos patentados no encuentran aplicación. Los magnates de la industria capitalista reducen por todos los medios los gastos de investigación para fines pacíficos. En EE. UU., sólo el 8 % de los recursos de la ciencia se destina a investigaciones teóricas fundamentales, mientras que el 92 % es para dar formas comercialmente convenientes a los resultados científicos ya obtenidos.

Una prueba de los obstáculos que los monopolios oponen al progreso técnico es que durante los últimos 40 años en EE. UU. el número de solicitudes de patentes por cada 10 mil habitantes disminuyó en el 40 %. De los 500 mil trabajadores científicos del

15 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 431.
16 Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XIX, pág. 50. (*Ed.*).

mundo capitalista, 300 mil corresponden a EE.UU., y la mayor parte está dedicada a investigaciones para fines militares. De 20 mil científicos de calificación superior, la mitad trabaja en estudios nucleares y de cohetes. Durante 1960, en ese país se gastaron en investigaciones para fines militares 270 veces más que en 1940, y 6 mil veces más que en 1915, es decir que aumentaron 17 veces más rápidamente que los fondos destinados al trabajo de investigación.

La carrera armamentista, ventajosa para los magnates imperialistas, es una pesada carga para los trabajadores. En un solo mes los países de la NATO gastan en armamentos los recursos que se necesitarían para regar todo el territorio del desierto de Sahara. Un portaviones cuesta tanto como la cantidad de trigo que podría alimentar a la población de la India durante tres meses.

Si se aceptara el plan soviético de desarme presentado por N. Jruschov en nombre del gobierno soviético durante la XV sesión de la Asamblea General de la ONU, en 1960, la humanidad dispondría de recursos colosales para resolver tareas imperiosas. Ya en 1917 decía Lenin: "Donde quiera que se mire, aparecen a cada paso tareas que la humanidad está en perfectas condiciones de resolver *inmediatamente*. Estorba el capitalismo" [17]. En la actualidad las posibilidades técnicas de la humanidad son verdaderamente gigantescas y la influencia inhibidora del capitalismo se ha vuelto aún más intolerable.

Este freno del capitalismo se manifiesta del modo más evidente en la esfera de la cultura. En el presente hay en el mundo capitalista 700 millones de analfabetos, una masa de seres que no pueden competir con las máquinas cibernéticas en la lectura de textos simplemente porque no saben leer, su "intelecto personal" no se desarrolla, no por alguna deficiencia de su organización biológica con relación a la estructura de las máquinas electrónicas, sino porque el cruel Moloc del capitalismo los arroja de la cultura. En este aspecto se manifiestan con particular evidencia las consecuencias de una infamia monstruosa: el colonialismo. Es suficiente mencionar el hecho de que en los territorios que formaban el Congo Belga, durante todo el período que duró la dominación de Bélgica, sólo recibieron educación superior diez habitantes nativos.

También en los países desarrollados del capitalismo, los trabajadores se ven forzados a sufrir un bajo nivel de cultura. El 70 % de los niños ingleses y el 75 % de los de la RFA sólo asisten a las

17 Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XIX, pág. 386. (*Ed.*).

escuelas primarias y a establecimientos secundarios limitados, de tipo práctico, y por lo demás inclusive en ellas se observa una marcada deserción.

En nuestro siglo de progreso científico y técnico adquieren singular actualidad las palabras de Marx, que escribía que en el capitalismo "las victorias de la técnica parecen pagarse al precio de la degradación moral. Al parecer, a medida que la humanidad va conquistando la naturaleza, el hombre se convierte en esclavo de otros hombres, de su propia vileza. Por lo visto ni siquiera la límpida luz de la ciencia puede brillar de otro modo que sobre el oscuro fondo de la ignorancia" [18].

En los países capitalistas, la máquina, que es arma de lucha de los capitalistas contra los obreros, se trasforma también en instrumento para esclavizar cada vez más a los intelectuales. No es casual la sombría perspectiva que augura Wiener cuando afirma que en la sociedad capitalista muy pronto un hombre de capacidad media no encontrará cómo ganar dinero. El trabajador intelectual de la sociedad burguesa se halla entre la Escila del sojuzgamiento por la máquina, de su trasformación en un apéndice del sistema cibernético, y la Caribdis del desplazamiento por aquella.

En el capitalismo la situación material de los científicos va empeorando; por ejemplo, en EE.UU., el 40 % de los científicos y profesores perciben un salario inferior al nivel vital oficial y el 25 % tiene un ingreso anual que no excede de los 2 mil dólares. En razón de que aumenta el poderío de los monopolios, el científico no puede utilizar sus propias patentes, ya que la burguesía restringe cada vez con mayor rigidez el alabado principio de la "libertad de iniciativa". El inventor norteamericano contemporáneo Sharkley no percibió beneficios por su destacada labor en el campo de los semiconductores, porque las patentes son propiedad de la firma que contrata al investigador.

El régimen capitalista tiene una forma característica de avasallar el trabajo intelectual: el tecnicismo. En este sentido es muy ilustrativo un novísimo invento norteamericano, el aparato que recibió el nombre de "mueve ojos". Para leer con este dispositivo, el libro se sumerge en una oscuridad total y un fino haz luminoso, que es seguido por las pupilas, recorre la líneas. En esta forma la velocidad de la lectura llega a mil quinientas palabras por minuto. Las obras completas de Emilio Zola, por ejemplo, pueden leer-

[18] C. Marx y F. Engels, *Obras completas*, ed. cit., t. XII, pág. 4.

se por este procedimiento en un sólo día. Una revista francesa denomina a este método, con toda razón, "lectura en cadena".

La contradicción entre trabajo intelectual y trabajo manual adquiere en la sociedad capitalista de nuestros días un carácter particularmente monstruoso y distorsionado: tanto uno como el otro son degradados al nivel de la subordinación a la máquina. En la sociedad burguesa, para el intelectual la solución consiste no en refugiarse en fantásticas "torres de marfil", sino en acercarse a los verdaderos trabajadores. Cuanto más estrechamente se unan los intelectuales con la clase trabajadora y su partido, tanto antes será sustituida la sociedad que se basa en la compra y la venta, y sobre la cual ya han dado su veredicto la mayor parte de los intelectuales trabajadores.

Aquí vemos cómo se ahonda y acelera el proceso que ya señalara Lenin durante los primeros años del poder soviético, en una carta dirigida al electrotécnico Karl Schteinmetz, donde afirmaba lo siguiente: "En todos los países del mundo va creciendo, con más lentitud de lo que sería de desear, pero de un modo constante e incontenible, el número de representantes de la ciencia, de la técnica y del arte que se convencen de la necesidad de sustituir el capitalismo por otro régimen económico-social..." [19].

Formularemos algunas conclusiones. En las condiciones del capitalismo moderno, el trabajo vivo se va subordinando cada vez más al trabajo socializado bajo la forma de máquinas. El traspaso mismo de funciones del trabajador a la máquina tiene carácter antagónico, y llega a desalojar al primero de la producción, convirtiéndolo en desocupado.

En la sociedad que se funda en la propiedad privada no puede haber una relación racional entre el hombre y la máquina; mientras el hombre trabaja, la máquina lo esclaviza, lo trasforma en un apéndice; cuando se convierte en un desocupado, queda aislado, separado de la máquina. Y cualquier perfeccionamiento de las máquinas bajo el capitalismo hace que el yugo que sufre el trabajador se vuelva más monstruoso e inhumano.

Suenan como veredicto de la historia las palabras del Programa del PCUS: "*El capitalismo es el camino del sufrimiento de los pueblos.* Este camino no asegurará el progreso rápido de la economía ni liquidará la miseria: la desigualdad social se hará más honda.

19 V. Lenin, *ob. cit.*, t. XXXV, pág. 572. (*Ed.*).

[...] Los beneficios de la cultura y de la instrucción seguirán siendo inaccesibles para las masas" [20].

Vemos, por consiguiente, que todas las "ilusiones pancibernéticas", según las cuales los autómatas modernos podrían "rejuvenecer" al capitalismo, impedir las crisis y la desocupación, o que las máquinas serían capaces de resolver los conflictos políticos, etc., no tienen el menor fundamento teórico, y además, prescindiendo de las esperanzas subjetivas de los que alientan tales ilusiones, éstas son reaccionarias hasta la médula.

Por más que se ingenien los ideólogos burgueses, no pueden eludir el hecho de que en el régimen capitalista es imposible el auténtico empleo humano de las máquinas cibernéticas para el florecimiento de la personalidad del trabajador. Este objetivo sólo puede ser logrado en la sociedad comunista.

2. Automatización y construcción del comunismo.

En la economía socialista planificada se alcanza la auténtica unidad armónica entre el elemento personal de la producción (el individuo trabajador) y el elemento material (la máquina). Cuanto más racionalmente se emplean las máquinas más modernas, tanto más elevada es la potencia productiva del trabajo social y mayor el incremento de la riqueza social, patrimonio de todos los ciudadanos de la patria socialista.

Durante la construcción comunista en todos los frentes, cuyo plan concreto fue trazado en el Programa del PCUS que aprobó el XXII Congreso del Partido, la importancia de las máquinas perfeccionadas dentro del proceso social aumenta en grado gigantesco y sin cesar. Como enseña la ciencia marxista-leninista, en el camino hacia el comunismo, se plantean a nuestra sociedad tres tareas histórico-mundiales, orgánicamente vinculadas: construir la base técnico-material del comunismo, desarrollar las relaciones sociales comunistas y educar al hombre nuevo de la sociedad comunista En el cumplimiento de las grandiosas tareas de la construcción comunista, a las máquinas cibernéticas les corresponde un importante papel.

El Programa del PCUS establece que para 1980 se incrementará en no menos de seis veces el volumen de la producción industrial de nuestro país, dejando muy atrás a la producción industrial de EE. UU.

20 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 451.

Hacia 1980, alcanzaremos un nivel de las fuerzas productivas que el capitalismo no pudo lograr en 200 años de su desarrollo industrial, y que es absolutamente inaccesible para la economía capitalista. Estas grandiosas tareas sólo pueden realizarse asegurando la supremacía esencial de la técnica socialista sobre la técnica capitalista. Y para lograrlo es necesario desarrollar e incorporar ampliamente a la producción los resultados de la actual revolución técnico-científica. No es casual que en el Programa del PCUS se afirma que, en nuestra sociedad, la ciencia se convertirá íntegra y directamente en una fuerza productiva.

Uno de los extraordinarios resultados de la revolución técnico-científica es la creación de los dispositivos automáticos, que se van incorporando a la producción en escala creciente. Marx anticipó las enormes posibilidades que para la economía planificada, fundada en la propiedad colectiva, tendría el sistema automatizado de máquinas, que realiza todos los movimientos necesarios para elaborar la materia prima sin participación del hombre, y que sólo demanda el control del trabajador.

En la URSS, la automatización es la línea general de desarrollo de la base técnico-material del comunismo; se realiza en condiciones de una extraordinaria celeridad, de una reproducción er escala ampliada, y no sólo no origina una reducción del número de trabajadores, sino que, por el contrario, va acompañada del incremento de los mismos.

Durante el período comprendido entre 1950 y 1959, debido a la aplicación de la nueva técnica, la productividad del trabajo en la industria se elevó al doble, mientras que el número de obreros y empleados aumentó durante la misma época de 38,9 millones a 56,5 millones. Para 1965 se ha fijado un nuevo incremento de la productividad del trabajo, del 45 al 50 por ciento en comparación con 1958. Y el número de obreros y empleados deberá elevarse en 12 millones con relación al año citado.

Es evidente que con la mecanización, y particularmente con la automatización, varía la composición profesional de nuestros trabajadores; aumenta el número de trabajadores de calificación superior, técnicos operadores, ingenieros constructores. Desaparecen profesiones enteras, vinculadas con el trabajo poco productivo, no calificado. ¿Qué ocurre con los que se dedicaban antes a estos tra-

bajos? Aquí se destaca en primer plano una de las ventajas más evidentes del socialismo sobre el capitalismo: nuestra sociedad soviética afronta todos los gastos necesarios para instruir y elevar la calificación de estas personas, las que no son desalojadas de la producción por la automatización, sino que pasan a formas de trabajo más productivas, y por consiguiente mejor pagadas.

Es de extraordinaria importancia el papel de los dispositivos cibernéticos para perfeccionar los procesos de producción. Así, por ejemplo, en la fábrica Electrostal, que fabrica maquinaria pesada se emplea un dispositivo de programación para automatizar el proceso de moldeo de mezclas de arena, en la producción de metal fundido. Antes del fundido, se hace un molde de madera, que se carga con una mezcla arenosa especial de moldeo. El obrero debe trabajar varias horas seguidas para condensar esta mezcla. El dispositivo de programación que funciona en la fábrica "aprende" a tomar nota de todos los movimientos del obrero que hace el primer molde, para recordarlos y repetirlos en todos los moldes análogos, sin la intervención de aquél. Con la implantación de este mecanismo cibernético se logra una economía anual de 310 mil rublos, se alivia notablemente el trabajo de los obreros y se eleva su calificación.

Son de extraordinaria importancia las posibilidades para utilizar los dispositivos cibernéticos en la automatización de procesos tecnológicos continuos. Así, en las laminadoras continuas del combinado metalúrgico de Magnitogorsk se aplica el sistema de dirección automática "Stal I". La máquina mide directamente el metal durante el proceso de producción y calcula cómo cortarlo mejor, a fin de reducir al mínimo los desechos que serán fundidos nuevamente. Gracias al sistema "Stal I", sólo el combinado de Magnitogorsk producirá por año una cantidad adicional de 27 mil toneladas.

Durante los próximos veinte años las máquinas cibernéticas se irán incorporando cada vez más a todas las esferas de nuestra vida.

Una de las características de nuestro desarrollo es la creciente importancia del trabajo intelectual en la producción y en el conjunto del proceso social. Una forma importantísima de aproximar el trabajo intelectual y el trabajo físico es elevar el nivel de instrucción y cultura de los obreros. Esto lo exige el desarrollo mismo de la producción: la técnica nueva y más perfeccionada requiere trabajadores cada vez más calificados. Como es sabido, en algunas ramas de nuestra industria se advierte una escasez de trabajadores de calificacin superior. En este plano es muy valiosa la iniciativa de un

grupo de fundidores de la ciudad Zlatoust, quienes, en una carta publicada en *Pravda* el 20 de noviembre de 1961, proponen que para fines del septenio, todos los trabajadores de las profesiones básicas de nuestro país adquieran instrucción técnica en institutos de enseñanza media.

También es importante el papel de las máquinas cibernéticas para elevar la efectividad del trabajo intelectual, automatizar diversos aspectos formalizados, es decir, procesos que se realizan de acuerdo con reglas claramente formuladas. Incluso en una forma de actividad tal como la investigación científica, la función de las máquinas cibernéticas es esencialísima.

Ya hemos señalado la importancia de las máquinas cibernéticas en biología. En la física moderna, la elaboración de los datos que se obtiene mediante poderosos aceleradores es inconcebible sin la aplicación de las máquinas cibernéticas. La cibernética ocupa un extraordinario lugar en la magnífica victoria de la época del socialismo: la conquista del cosmos.

En el régimen socialista va creciendo la influencia de los sistemas del tipo hombre-autómata para diversas esferas de la actividad humana... En consecuencia la relación entre el hombre y la máquina adquiere gran significación práctica.

Pero ni siquiera los sistemas automáticos más perfeccionados pueden alterar esta relación en la que el papel principal lo desempeña el hombre, pertrechado de la técnica más compleja y refinada.

En el modo socialista de producción adquiere fundamental importancia establecer una relación racional entre el hombre y el autómata en el sistema automático de dirección. Al estudiar las condiciones óptimas de unión práctica del hombre y el autómata, debemos pronunciarnos contra dos posiciones erróneas: contra el antropomorfismo, que se manifiesta en las tentativas de copiar las funciones psicofisiológicas del hombre de un modo irracional, sin espíritu crítico, al proyectar los dispositivos automáticos, y contra el mecanicismo, que consiste en ignorar las particularidades del hombre que trabaja, en la tendencia a considerar al hombre-operador como un mecanismo inanimado en el sistema automático de dirección [22].

La tendencia al mecanicismo se manifiesta también en nuestra vida cotidiana. Así, por ejemplo, hace poco tiempo en Moscú, en los cruces para peatones, se instalaron señaladores que se iluminaban en forma alternada con las señales de "parar" y "avanzar".

22 Ver *Voprosi psicologui*, 1961, núm. 1, pág. 12 y sig.

Universidad de Filosofía Seminario

Pero en estos reguladores automáticos del tránsito evidentemente no se tiene en cuenta lo específico del hombre-peatón. Porque para el transeúnte, además de la señal de "avanzar", es importante saber durante cuánto tiempo tendrá el paso libre y si pasarán uno, dos o cinco segundos antes de que sea remplazada por la señal de "parar". Al carecer de esta información, esperando que en cualquier momento aparezca la señal de "parar", los transeúntes con frecuencia se ponen nerviosos, corren hacia el otro lado de la calle. Por lo visto los diseñadores de este sistema para dirigir el tránsito no tuvieron en cuenta que el peatón no puede actuar de un modo libre de inercia y a tono con las elevadas velocidades de las máquinas cibernéticas. No hay duda que este sistema de señalización debe construirse según el principio del semáforo, en el que además de las señales de prohibir y permitir el paso hay además una tercera, intermedia, para "prepararse" (luz amarilla).

Es tanto más importante tener en cuenta los caracteres específicos del hombre con relación al proceso del trabajo. Ya en el siglo pasado Marx se opuso en forma terminante a las concepciones utópicas e ingenuas según las cuales dentro de la sociedad comunista el trabajo se trasformaría en un juego. Sea cual fuere el grado de automatización, el trabajo no se reducirá a un juego de apretar botones; no hay máquina cibernética que pueda quitar al hombre la responsabilidad principal en el proceso del trabajo.

Si bien en la producción automatizada moderna disminuyen las exigencias en cuanto a las aptitudes físicas del trabajador, aumentan en cambio los requisitos vinculados con su sistema nervioso; hace falta mucha más atención y las reacciones deben ser más rápidas que en la producción no automatizada. Así como a grandes velocidades se tornan muy notables las manifestaciones de la teoría de la relatividad, en presencia de elevados ritmos de la producción se vuelven esenciales los factores (color, forma de la maquinaria) cuyo papel antes pasaba absolutamente inadvertido.

A fin de resolver la compleja tarea de crear las condiciones óptimas para el vínculo del hombre y la máquina en los procesos de la producción, surgieron disciplinas científicas especiales: la ingeniería psicológica y la estética industrial.

En el interesante artículo titulado "Color-máquina-hombre", publicado en *Izvestia*, el 23 y 24 de marzo de 1961, V. Krivoshéiev presenta nuevos datos sobre el papel del color en los procesos industriales. El psicólogo inglés Murray, por ejemplo, afirma que la cabina del avión pintada de color amarillo provoca el mareo inclusive

a pilotos experimentados. Los psicólogos y fisiólogos no han descubierto aún las causas de este fenómeno. Con esto se demuestra una vez más que la fisiología y la psicología están todavía retrasadas en el estudio del hombre y, como ya hemos señalado, las conquistas de estas ciencias darán la clave para nuevos éxitos de la cibernética.

En este mismo artículo se relata que en una fábrica de Minsk, construida según la última palabra de la técnica, el piso de asfalto negro es tan sucio, está tan inundado de grasa, que los automóviles patinan. La producción automatizada requiere el adecuado equipamiento de los locales e instalaciones.

Es evidente que el desarrollo de la producción automatizada exige que se investigue más profundamente la función específica del hombre en los procesos automáticos modernos.

Una importantísima peculiaridad del proceso laboral es su infinita diversidad. Por eso no se puede construir un algoritmo "definitivo" para todas las formas de trabajo, porque en cuanto se termine surgirán nuevas formas de operaciones laborales que salen de los límites de este algoritmo.

Como ejemplo analizaremos algunos hechos expuestos en el estudio de I. Kokoulin titulado *El maquinista* (*Iunost*, 1961, núm. 3). En el ensayo se describe el trabajo del mecánico de una locomotora eléctrica. Parecería que no puede haber dificultad alguna en la conducción de una locomotora eléctrica, porque no se requiere el pesado trabajo del fogonero, ni hace falta prestar atención a la presión del vapor, etc. Pero aun en esta locomotora automática, el papel principal corresponde a los atributos de la voluntad del trabajador. Así, por ejemplo, en el estudio de Kokoulin se relata el siguiente episodio: Las locomotoras eléctricas modernas están equipadas con un ingenioso dispositivo de control, el "freno automático" que verifica si el maquinista no se ha dormido mientras marcha el tren. Al cabo de algún tiempo el "freno automático" empieza a funcionar, produciendo un zumbido durante 7 segundos. Si durante ese lapso el maquinista no se levanta de su asiento de conductor y no interrumpe el silbato, el tren se detiene automáticamente. En las cercanías de una de las estaciones ocurrió este caso: el "freno automático" produjo oportunamente su zumbido; el maquinista, con un último esfuerzo de su voluntad, desconectó el silbato antes que pasaran 7 segundos, y en seguida se durmió. El tren empezó a pasar junto a la estación sin detenerse. La situación fue conjurada por el conductor del vagón de cola, el cual detuvo el

tren mediante su mecanismo de freno. Este ejemplo muestra que la responsabilidad del conductor no puede ser remplazada incluso por los más ingeniosos dispositivos automáticos de control.

En el mismo ensayo se relata otro ejemplo muy característico. En un trayecto, durante una subida, cayó inesperadamente la tensión de la red. Existía el peligro de que el tren quedara detenido en una pendiente escarpada; en ese caso habría que desenganchar, lo cual causaría una gran demora en un trayecto decisivo. De acuerdo con las instrucciones y como es muy difícil el ascenso a poca velocidad cuando cae la tensión, el maquinista está autorizado a detener el tren, pero en este caso decidió correr un riesgo razonable. Esparció arena sobre las vías, a fin de aumentar el rozamiento y poco a poco fue imprimiendo más velocidad, es decir que halló la combinación óptima de la tracción y el rozamiento. Si la tracción disminuye y el rozamiento aumenta fuertemente, el tren se detendría. En cambio, si aquella se eleva demasiado y éste no resultara suficiente, la locomotora comenzará a patinar, como resultado de lo cual se perjudicarían sus motores. Combinando de modo inteligente la tracción y el rozamiento, y sin detener el tren, el maquinista salvó un trayecto muy complicado en las condiciones más desfavorables.

Este caso tan simple y común de la práctica de la producción del hombre presenta esenciales objeciones contra las ideas de Turing, quien opina que toda la actividad humana puede ser expresada en algoritmos. Es cierto que en principio podría establecerse un algoritmo para combinar la tracción y el rozamiento en la mencionada subida, el perfil del recorrido de la locomotora eléctrica presenta muchísimas sorpresas análogas. Por eso, la posibilidad teórica de establecer algoritmos para el comportamiento humano va unida a la imposibilidad práctica. Turing incurre en una separación de la teoría y la práctica; su criterio de que los algoritmos del comportamiento pueden expresarse universalmente representa una forma de apriorismo, pues propone que aun antes que comiencen los actos del hombre se establezca el algoritmo para todos los casos del comportamiento. Se presenta aquí la misma situación que en su tiempo caracterizó irónicamente Hegel diciendo que se pretendía aprender a nadar antes de lanzarse al agua. En el comportamiento del hombre siempre habrá necesidad de nuevos actos, para los que en principio se puede establecer un algoritmo, pero que en la práctica hay que llevar a cabo antes de establecerlo.

En la época actual la imperfección del sistema cibernético co-

mún se debe también a que todo su trabajo se realiza en cadena. Es suficiente que varíe marcadamente la situación o se deteriore alguno de los elementos de la cadena, para que el sistema cibernético no pueda funcionar de manera normal.

Aquí se presentan dos posibilidades. En los autómatas más simples, si se altera el rígido encadenamiento entre los elementos del sistema cibernético, la trasmisión de informaciones en ese sistema se interrumpe, y éste se deteriora (en el cerebro no ocurre lo mismo: incluso cuando hay disfunción de un número apreciable de neuromas, la actividad del cerebro no se interrumpe por completo; la información encuentra caminos indirectos). En el mejor de los casos, si el sistema cibernético perfeccionado afronta en el ambiente una nueva situación que no es capaz de "generalizar", empieza a manifestar una "iniciativa desordenada", por el método de "prueba y error".

El escritor polaco S. Lem relata una anécdota que caracteriza la "iniciativa" de las máquinas. Un hombre ordenó a un autómata que retirara todos los objetos redondos de una habitación en la que había muchos globos; el autómata cumplió la orden, después le arrancó la cabeza al hombre, sacándola también de la habitación.

Debido a la rigidez de sus conexiones y a su inseguridad, en circunstancias particularmente decisivas los sistemas cibernéticos automáticos, deben ser reforzados con medios de señalización a prueba de fallas. Wiener presenta el siguiente ejemplo: cuando en las minas existe una situación amenazante, además de las señales por teléfono o por radio para la salida de los mineros a la superficie, en la entrada del pozo se rompe una ampolla de mercaptano, sustancia de olor muy fuerte y desagradable que actúa como señal de peligro.

Pero en el comportamiento humano las perturbaciones en ciertas líneas de dirección o comunicación no traen como resultado la interrupción de las acciones. Los hombres manifiestan entonces una iniciativa racional; por ejemplo, en la noche del 18 al 19 de noviembre de 1942, antes de que comenzara la ofensiva de Volgogrado, se interrumpieron las comunicaciones entre Moscú y el Estado Mayor del comandante de uno de los frentes, general Vatutin. Sin embargo, los generales Vatutin y Vasilievski, a pesar de las condiciones desfavorables del tiempo, no suspendieron la histórica ofensiva, que fue coronada por la derrota de los alemanes en el Volga [23].

23 Ver A. Voinov, *Relatos sobre el general Vatutin*, Moscú, 1938, pág. 106.

Es evidente que la más perfecta máquina de "comando militar", no podría haber adoptado una resolución tan responsable y de tal contenido creador.

Vemos que aun en los sistemas automáticos más complejos el papel decisivo corresponde al hombre, que es capaz de controlar los dispositivos automáticos, dirigirlos, realizar actos no encuadrados en algoritmos y demostrar, cuando hace falta, una iniciativa racional.

En la organización planificada de la sociedad fundada en la propiedad colectiva, el creciente traspaso de funciones productivas del hombre a la máquina no crea una contradicción antagónica entre ambos. Por el contrario, el hecho de que el hombre se libere de muchas operaciones productivas es condición necesaria para una relación racional entre aquél y la máquina, por la cual se da "a la máquina lo que es de la máquina, y al hombre lo que es del hombre". Cuanto mayor sea el número de funciones productivas del hombre que se desplacen hacia la máquina, tanto más florecerán, al decir de Marx, "los sentimientos humanos del hombre". Esto se logrará mediante la automatización, que es la línea general de desarrollo de nuestras fuerzas productivas en el camino hacia el comunismo.

Para conservar su posición clave en el proceso de dirección, el hombre debe progresar, adelantándose siempre al desarrollo de la máquina. Pero el desarrollo del individuo, de sus fuerzas físicas, morales e intelectuales, está determinado por el carácter de sus relaciones sociales. Por esta causa, las relaciones más racionales entre el hombre y la máquina sólo son posibles cuando existen condiciones sociales que tienden a lograr el crecimiento ilimitado de la personalidad del trabajador, es decir, la formación comunista.

En esas condiciones, con la propiedad colectiva de los instrumentos y medios de producción, es imposible que los frutos de los perfeccionamientos técnicos sean utilizados por algún grupo aislado de individuos en perjuicio de los demás miembros de la sociedad. por el contrario cualquier progreso técnico que determina un aumento de la productividad del trabajo, mejora la situación de todos los trabajadores.

Las máquinas cibernéticas perfeccionadas, que realizan tareas cada vez más complejas, no sólo no desplazan al hombre de la producción, sino que, por el contrario, le permiten concentrar sus esfuerzos principales en la actividad realmente humana, no en la monótona repetición de actos ya conocidos, sino en la búsqueda

constante de operaciones nuevas, cada vez más eficientes. Por lo demás, la reducción de la parte que corresponde al trabajo vivo directo en el ciclo productivo no trae como resultado que se degrade la personalidad del trabajador, sino que, por el contrario, crea las posibilidades en condiciones de abundancia, para el paso de la distribución según el trabajo a la distribución según las necesidades, permite revelar el valor auténticamente humano de los individuos, y no el que se subordina al valor de cambio. El papel de las máquinas no se limita a que se trasfieran a ellas diversas operaciones productivas del hombre en la producción. Un segundo aspecto extraordinariamente importante del papel que desempeñan consiste en que por su intermedio el hombre puede llegar a esferas de la naturaleza que antes le resultaban inaccesibles debido a las gigantescas velocidades que se requieren, las radiaciones perjudiciales, etc. Así, por ejemplo, en el pabellón soviético de la exposición de Bruselas se efectuó la demostración de una mano mecánica, destinada a trabajar en medio de la elevada radiación de las zonas internas de los reactores atómicos. Los dispositivos cibernéticos son de suma importancia para la conquista del cosmos. Sin las máquinas cibernéticas, que calculan las órbitas y ayudan a que las naves cósmicas avancen por ellas en sus trayectorias, habrían sido imposibles los magníficos éxitos de los vuelos de Y. Gagarin, G. Titov, A. Nikoláiev, P. Popóvich, V. Vikovski y V. Tereshkova.

El hecho de que la máquina cumple la función de extender la influencia del hombre hacia un número creciente de nuevos procesos naturales, permite definir con más precisión el concepto de "autómata".

Es inexacto llamar autómata a la máquina que trabaja sin la participación del hombre. En primer lugar, este interviene de modo indirecto en el proceso automático, porque los autómatas en sí son ya la materialización de su trabajo anterior (incluso si el autómata es creación de otro autómata, también en este caso el autómata inicial es obra del hombre, que es, por a sí decirlo, el primer motor del mundo de los autómatas). En segundo término, el hombre participa también en el proceso automático como factor fundamental de dirección, ya que abarca todo el proceso de regulación en su conjunto, a partir del impulso inicial. En este sentido podemos decir que, en fin de cuentas, el hombre es el que tiene a su cargo el mecanismo de arranque de los autómatas.

Ahora podemos comparar a la máquina y al hombre teniendo en cuenta el desarrollo de ambos. La construcción de los autómatas

que se reproducirán por sí mismos determinará un notable progreso en el desarrollo de las máquinas cibernéticas; éstas tendrán la aptitud de tornarse más complejas, de seguir cierta evolución autónoma. Pero incluso entonces semejante "autonomía de la evolución" de los autómatas será muy relativa, puesto que se realizará en base al sistema automático, reproducido por sí mismo, y en el que el hombre asigna al autómata primario el programa inicial. Por consiguiente, todas las ideas sobre una "sociedad de máquinas" independiente que podrían inclusive sublevarse contra el hombre, constituyen utopías reaccionarias e infundadas respecto del hombre; la máquina será siempre algo derivado, un producto de su actividad. Desde el principio hasta el fin, está "rodeada" por la actividad del hombre. El reino de las máquinas, inclusive si se reproducen por sí mismas, no puede ser autónomo, cerrado, independiente del hombre en cuanto al primer impulso de las máquinas cibernéticas. En los primeros "autómatas" que jugaban al ajedrez había hombres escondidos, y de este modo se engaña a los espectadores En la actualidad se "esconde" al hombre en la máquina cibernética, sin engaño, abiertamente, no en su forma corpórea y material, sino por medir la información inicial que infunde vida al reino del metal inerte.

El autómata no es más que un eslabón de enlace entre el hombre y la naturaleza: este eslabón puede hacerse cada vez más complejo y prolongado, pero no puede remplazar a toda la cadena. El autómata no puede ocupar en el universo otro lugar que no sea el que desempeña entre el hombre y la naturaleza. El papel de los autómatas puede volverse cada vez más amplio, pero no dejará de ser intermedio, no podrá absorber a ambos elementos.

La naturaleza estará siempre por debajo del autómata y estará el hombre más arriba. Cuando analizamos el papel del sistema hombre-autómata en la producción, en el fondo caracterizamos un aspecto determinado de la forma social moderna que reviste la relación entre el hombre y la naturaleza.

La esfera de acción de los autómatas crece sobre todo porque los órganos artificiales del hombre penetran en regiones inaccesibles a sus órganos naturales. El autómata es un sistema intermedio entre el hombre y la naturaleza que, con una relativa autonomía de aquél puede conquistarle nuevos campos de la naturaleza.

En conclusión podemos señalar los procesos sociales sobre los cuales sin duda alguna influirá el empleo de las máquinas cibernéticas.

La aplicación de las máquinas cibernéticas favorecerá el ascenso de la productividad del trabajo y ampliará el sector del universo que abarca el trabajo humano y, en particular, permitirá que el hombre salga de los límites de la Tierra; contribuirá a la calificación del trabajo, a que desaparezca el llamado "trabajo negro"; elevará el nivel técnico-cultural de los obreros a la altura del técnico-ingeniero, borrando los límites esenciales que existen entre el trabajo intelectual y el trabajo físico; logrará un incremento del tiempo libre, trasformándolo en un beneficio social.

En este sentido debemos analizar lo que establece el Programa sobre la reducción de la jornada laboral, la semana de trabajo y el incremento del tiempo libre.

El tiempo libre creará las condiciones para que el hombre se perfeccione, lo cual, a su vez, contribuirá a aumentar la productividad del trabajo, Destacando este aspecto, Marx decía que con la propiedad colectiva, "el ahorro de tiempo de trabajo equivale al aumento del tiempo libre, es decir, al tiempo necesario para un desarrollo pleno del individuo, que a su vez al constituir la mayor fuerza productiva, actúa recíprocamente sobre la fuerza productiva del trabajo" [24].

Durante la transición al comunismo, el problema de utilizar el tiempo libre de modo racional se torna extraordinariamente importante y actual. A nuestro juicio, teniendo en cuenta el gran papel del tiempo libre para el desarrollo de nuestra sociedad, es lícito hablar de la "productividad del tiempo libre". El tiempo libre no sólo eleva la productividad del trabajo, sino que es al mismo tiempo una condición para la mayor actividad de los trabajadores en la esfera de la vida política, para su creciente participación en la autogestión social.

En el comunismo alcanza su máximo desarrollo la unidad dialéctica existente entre el hombre y las máquinas que éste va creando con perfección cada vez mayor.

1. Al analizar la relación mutua entre el hombre y la máquina hay que tener en cuenta, por un lado, el perfeccionamiento de los sistemas cibernéticos, y por el otro, el progreso del hombre y de la humanidad. En este desarrollo mutuo, el hombre es el factor determinante y primordial. Al comparar al hombre con el autómata hay que recordar siempre que si la máquina puede realizar cierta operación especial y concreta de modo más perfecto que un individuo

24 C. Marx, "Manuscritos inéditos", *Bolshevik*, 1939, núms. 11-12, pág. 65.

determinado, aquélla no se volverá nunca "más inteligente" que toda la humanidad, cuya "experiencia de la especie" crece sin cesar. No se debe separar al hombre de la máquina, sino señalar que los autómatas brillan reflejando la luz de la razón humana y no pueden constituir un reino independiente.

La fuente primaria del surgimiento y desarrollo de las máquinas es el hombre y su inteligencia; las máquinas siempre cumplirán un papel auxiliar con relación al hombre, actuando como eslabón intermedio para la conquista de la naturaleza por el hombre, creando las condiciones para el mayor desarrollo del ser humano.

2. Al ampliar la esfera de la naturaleza "humanizada", las máquinas no sólo contribuyen al progreso del hombre, sino que también le plantean exigencias más elevadas. El trabajador que utiliza la técnica cibernética debe tener un raciocinio mucho más desarrollado que el hombre de la técnica precibernética.

3. La correlación misma entre el hombre y la máquina es histórica, se desarrolló de acuerdo con el carácter de las relaciones sociales que existen entre los hombres, y según el papel que desempeñan el hombre y la máquina en el modo de producción correspondiente.

A la luz de esta tesis, es evidente que no tiene base alguna la ilusión muy difundida entre los intelectuales burgueses, expuesta, por ejemplo, en el libro del destacado científico norteamericano J. Pierce: "Los cambios de la ciencia y la técnica dirigen y trasforman el mundo"[25].

El lugar y papel de toda máquina depende de la índole del régimen social. Sólo en las condiciones de la formación social comunista, es donde se realiza la auténtica unidad armónica del hombre y la máquina.

25 J. Pierce, *Electrones, ondas y comunicaciones*, Moscú, 1961, pág. 11.

Capítulo VI

CONCLUSIONES METODOLOGICAS

El análisis de los problemas filosóficos vinculados con el surgimiento y desarrollo de la cibernética, que hemos realizado en las páginas precedentes, nos permite formular en el capítulo final de nuestro trabajo, algunas conclusiones metodológicas, que, a nuestro juicio, tienen importancia no sólo para el desarrollo de la cibernética. Expresan ciertas características esenciales que presenta todo el proceso cognoscitivo durante nuestra época, y por esta causa puede tener significación para todas las ciencias, y en particular para la filosofía, que elabora una concepción general del mundo, formula un método universal para su conocimiento teórico y su trasformación práctica.

1. *Objeto de la cibernética y su puesto en el sistema de los conocimientos científicos.*

En la literatura contemporánea, la cibernética, como ciencia de la dirección, ya ha sido definida en lo fundamental. Es cierto que aún se discuten algunos de sus aspectos esenciales; esto no debe sorprender, porque en la historia del conocimiento hay casos en que la determinación más completa del objeto de una disciplina científica se elabora posteriormente, cuando la ciencia en cuestión alcanza cierto grado de madurez. En estas condiciones, resulta conveniente estudiar la cibernética desde el punto de vista filosófico, a la luz de las reflexiones formuladas en los capítulos anteriores.

Este problema se aborda desde diversos puntos de vista. Así por ejemplo, algunos opinan que la cibernética no es una ciencia autónoma, sino sólo un programa para los trabajos de investigación. Esta idea fue expuesta en el prefacio a la versión rusa del libro

de N. Wiener *Cibernética*, por G. Povárov, redactor de la traducción. "Por ahora la cibernética —afírmase en este prefacio— es más bien una orientación programática, antes que una disciplina ya formada, y numerosos científicos prefieren trabajar en estos problemas sin emplear las consignas de la cibernética". Es verdad que en este mismo prefacio se señala que resolver las tareas vinculadas con la técnica para trasmitir la información "significa el surgimiento de una nueva ciencia técnica [¿o matemática?]"[1].

La noción de la cibernética como sección de las matemáticas está muy difundida; por lo demás, la cibernética se reduce a la teoría de la información, que en la etapa actual se considera como parte de la teoría general de las probabilidades. A nuestro juicio, de acuerdo con este enfoque, la cibernética queda reducida al aparato matemático que la misma utiliza.

Dado que se ocupa de los caracteres generales del reflejo, la cibernética se caracteriza por el enfoque abstracto de los fenómenos de los procesos de dirección, el parentesco de la matemática y la cibernética resulta indudable. La mayoría de los autores señala esta semejanza. Así, por ejemplo, Ashby compara la cibernética con la física matemática: en otro pasaje afirma que la cibernética al estudiar las máquinas se asemeja a la geometría.

Sin embargo, no se puede inferir de aquí que la cibernética forme parte de la matemática. La primera realiza un enfoque abstracto y cuantitativo de ciertas esferas de la realidad objetiva, diferentes de las que considera la matemática: si ésta prescinde de las particularidades concretas del espacio y de las características cualitativas de los diversos objetos y fenómenos, la cibernética hace abstracción de las particularidades concretas del reflejo y descubre los métodos para investigar cuantitativamente los procesos de dirección en las máquinas, los organismos y la sociedad.

Al mismo tiempo, la abstracción, consistente en que la cibernética prescinde de los rasgos específicos de los fenómenos, es una particularidad característica de esta ciencia. Sin embargo hay que tener presente que en la cibernética actual ya hay secciones (luego las veremos con más detalle) que se fundan no en el método teórico-abstracto de investigación, sino en el método experimental. Es aún más importante considerar que existe una tendencia a que en la cibernética aumenten los elementos del análisis contenidista.

Hemos vinculado el contenido de la cibernética con la unidad

[1] N. Wiener, *Cibernética*, págs. 8 y 9 (ed. en ruso).

de los procesos de dirección y reflejo. Sin embargo, es importante no sólo responder a la pregunta acerca de qué representa la ciencia en la actualidad, sino también cuáles son las perspectivas de su desarrollo en el futuro. Es cierto que esta clase de reflexiones tiene valor conjetural; sería inexacto presentarlas como una solución acabada del problema, que, por supuesto, es tarea de los especialistas de las ciencias naturales y tiene en la práctica su criterio de verdad.

No obstante, reconociendo el reflejo como el contenido en el que se fundan los procesos cibernéticos, se puede realizar la tentativa de descubrir el aspecto filosófico que presenta la definición del objeto de esta ciencia. Este aspecto, por cierto, no contradice a la definición de la cibernética como ciencia del control y la comunicación en el hombre, el animal y la máquina. A la luz de todas las reflexiones expuestas hemos definido a la cibernética como "ciencia abstracta de las características generales inherentes a todas las manifestaciones de la propiedad del reflejo en los sistemas de dirección y control automático"[2]. A nuestro parecer esta definición refleja en cierta medida la esencia del problema. Sin embargo, es conveniente dar una forma más precisa a esta formulación, a fin de expresar con más exactitud la unidad de los procesos de reflejo y dirección: *la cibernética es la ciencia de los rasgos generales de la propiedad del reflejo, que son inherentes a la máquina, al animal y al hombre y constituyen la base de los procesos de dirección.*

Considerando esta definición general, es necesario diferenciar las secciones de la cibernética. Dado que esa disciplina se ocupa también de la investigación experimental, la construcción y estudio de modelos; —no sólo es abstracta— y formal (como la matemática), sino que también forma parte de las ciencias naturales. Por último, la cibernética se ocupa de resolver (no en los laboratorios, sino en las condiciones de la producción) diversas tareas puramente técnicas vinculadas con la dirección de los procesos tecnológicos. Tal diversidad de propiedades en una misma ciencia no debe desconcertarnos, ya que la cibernética es una ciencia sintética, no sólo por el objeto de su investigación, sino también por los modos en que aborda el mundo.

Por consiguiente, cuando se habla del estado actual de la cibernética, es conveniente diferenciar en ella tres disciplinas científicas, tres formas de especialización:

2 *La gran obra del materialismo militante.* Colección de artículos, pág. 171.

1. Cibernética teórica; la definición que hemos formulado antes puede aplicarse a esta sección de la ciencia.

2. Cibernética experimental, que se ocupa principalmente de los modelos cibernéticos.

3. Cibernética técnica (término introducido por el científico chino Tsian Siu-sen), dedicada a construir sistemas que trasforman la información sobre el medio externo en una señal de regulación, sistemas que pueden elegir el régimen tecnológico óptimo o asegurar la constancia de uniones estables.

La cibernética ya se ha constituido como ciencia independiente. A nuestro juicio, ya llegó la hora de que se empiece a dictar un curso de cibernética general en las universidades, en las facultades de ciencias exactas y de biología, de que se inauguren en el futuro departamentos y facultades de cibernética en las universidades.

Es conveniente estructurar la asignatura de cibernética general en el plano de unidad de lo lógico y lo histórico. Este curso puede incluir cinco secciones: I — Premisas teóricas de la cibernética; II — Objeto y tareas de la cibernética; III — Doctrina general sobre los sistemas de dirección y fundamentos de la lógica de los autómatas; IV — Teoría general de la información; V — Fundamentos de los modelos cibernéticos.

Partiendo de esta noción sobre el objeto de la cibernética, se puede pasar a considerar su lugar en el sistema de los conocimientos científicos, sus relaciones mutuas con otras ciencias.

Ante todo hay que señalar que la cibernética amplía la esfera de nuestro conocimiento por lo menos en dos sentidos: en primer lugar revela los métodos para el estudio cuantitativo de procesos de dirección para los cuales son esenciales los nexos de información, es decir, las nuevas formas de comunicación, que antes no abordaba la ciencia; en segundo lugar, la cibernética revela los métodos para estudiar los sistemas dinámicos complejos. Esto refuta una vez más las nociones agnósticas y escépticas de todo género sobre la limitación del conocimiento científico.

Al mismo tiempo, es evidente que la cibernética debe ser incluída entre las ciencias que estudian las propiedades de la materia: la geometría, o ciencia del espacio; la cronología, o ciencia del tiempo (esta distinción surge de las ideas desarrolladas por el académico V. I. Vernadski), y la cibernética, o ciencia del reflejo. Este modo de abordar la clasificación de la cibernética corresponde en forma general a su posición actual dentro del sistema de los conocimientos.

Sin embargo, considerando las perspectivas que presenta el desarrollo de la cibernética, vinculadas con el posible aumento de sus elementos de contenido, se puede abordar el objeto de la cibernética desde una posición más amplia. En efecto, el objeto que estudia la cibernética son los sistemas dinámicos complejos. Los procesos que trascurren en estos objetos materiales tienen un rasgo específico fundamental; las leyes a que se subordinan no pueden incluirse entre las electrodinámicas, las biológicas, o las sociales. Por ahora sólo se construyen de modo artificial los sistemas dinámicos complejos, partiendo de elementos inorgánicos que poseen muy desarrollada la capacidad del reflejo, base de su capacidad para el control automático. Pero en la actualidad, como es sabido, ya se han aportado fundamentos para la probabilidad de que, con un grado suficiente de complejidad, estos sistemas empiecen a autorreproducirse. Entonces aparecerá una clase especial de objetos materiales, relativamente autónoma, a la que no se podrá incluir en otras clases y que con toda justicia deberá ser considerada objeto de una disciplina científica especial.

Este planteamiento del problema puede suscitar objeciones: ¿cómo es posible que una misma ciencia pueda ser a la vez una ciencia abstracta que estudia una propiedad de la materia (el reflejo) y una disciplina concreta que investiga una clase especial de objetos materiales (los sistemas dinámicos complejos)?

Pero aquí debe señalarse ante todo, que su dualidad no se ha impuesto externamente a la cibernética contemporánea, sino que está presente de modo real en ella, bajo una forma no manifiesta. Tanto al abordar el estudio de diversos problemas, como al definir el objeto de la cibernética, se observan dos tendencias: la *atributiva* (así, por ejemplo, Wiener vincula el objeto de la cibernética con el isomorfismo, propiedades generales de la forma de la máquina, el animal y el hombre) y la *objetiva* (Ashby, por su parte, define a la cibernética como la ciencia de las características de los sistemas dinámicos complejos).

Semejante fenómeno no es una excepción en la ciencia. En física, por ejemplo, la investigación del contenido de los objetos materiales se funda en nociones básicas vinculadas con la naturaleza del espacio y el tiempo. Es verdad, que, al mismo tiempo, existe la ciencia particular de la geometría, que se ocupa en especial del espacio, haciendo abstracción de los objetos físicos espaciales. Pero suponemos que una importantísima manifestación de la tendencia hacia la síntesis de la ciencia —que en la actualidad está universalmente re-

conocida— será la interconexión cada vez más estrecha entre las ciencias abstracto-formales y las de contenido.

Cómo se realizará en el futuro la síntesis de las tendencias atributiva y objetiva de la cibernética; el descubrimiento de los nuevos rasgos de la propiedad del reflejo, que dependerán de los caracteres específicos de los objetos reflejados; la posibilidad de que en la cibernética surja una rama especial, que perfeccione sobre todo el enfoque abstracto del reflejo; todos estos interrogantes constituyen problemas a los que no sería conveniente dar una solución teórica acabada.

Sin embargo, y para terminar, es esencial subrayar una vez más que, sin duda alguna los elementos analíticos al contenido irán aumentado en la cibernética. Esta tendencia profunda guarda estrecha relación con tres importantísimas orientaciones del desarrollo de la cibernética.

1. La creciente fidelidad de los sistemas de dirección es un problema vital para la cibernética. El rumbo general de su desarrollo se vinculará, probablemente, no con el aumento infinito del número de sus elementos (con los cuales se construyen canales de información paralelos, que posibilitan el rendimiento), sino elevando la fidelidad y universalidad de cada elemento por separado. Cuanto mayor es el número de elementos que entran en una máquina cibernética, tanto más rigurosas son las exigencias en cuanto a la fidelidad de cada elemento aislado.

En el Congreso Internacional sobre control automático celebrado en 1960, se presentaron datos sobre un sistema de alta fidelidad de regulación de maquinarias. Admitiendo una falla cada 100 días en cada uno de los 500 elementos que entran en este sistema, se requiere una fidelidad excepcional, que corresponde en promedio a una avería cada 20 mil días. Las lámparas electrónicas debieron ser descartadas en este sistema, puesto que no poseen un rendimiento tan elevado. Evidentemente, una fidelidad que admite una avería cada 100 días es insuficiente para muchos tipos de producción. En la bibliografía se formula la conclusión de que la fidelidad de los actuales sistemas de selección y trasmisión de la información es menor en muchos millones de veces que la fidelidad de los órganos de los sentidos en los animales. Para salir de su infancia, los sistemas cibernéticos actuales deberán perfeccionar su fidelidad. Este es el problema número uno, y en el que se concentra la atención principal de todos los estudios sobre automatización. Se puede suponer que la solución del problema de la fidelidad está vinculada con el

enfoque físico por el contenido, al estudiar los elementos y sus conexiones.

2. Para el desarrollo futuro de la técnica electrónica es necesario que los reguladores se construyan no según el tipo de los fusibles, que se funden más o menos seguramente después que ya se produjo el corto circuito, ni sobre la base de regular los errores ya ocurridos, sino mediante la "previsión" de los errores. El método más importante para resolver esta tarea es elevar la sensibilidad de los sistemas cibernéticos, lo cual es imposible si no se los analiza de acuerdo con su contenido.

3. El desarrollo de los principios de optimación, que permiten conducir el proceso no por el principio de más o menos, de disminuir o agregar "a ojo", sino encontrando la mejor combinación de los distintos parámetros y factores. Aquí son de extraordinaria importancia, por cierto, los métodos matemático-formales de cálculo, que fueron desarrollados con tanto éxito durante este último tiempo. Sin embargo, para calcular el efecto sumario de los distintos factores es necesario estudiarlos de modo más completo bajo el aspecto de su contenido. La experiencia del desarrollo de la geometría, por ejemplo, demuestra que los mismos procedimientos matemático-formales, cuantitativos, dependen de que se considere la naturaleza física cualitativa de los objetos.

Si el valor óptimo para la combinación de los factores en este enfoque de los mismos puede hallarse mediante cálculos puramente matemáticos, la transición a un enfoque más profundo de los factores requiere un estudio según el contenido. El principio de la optimación es revolucionario por su propia naturaleza. Lo que con ciertos factores es óptimo, puede estar muy lejos de lo óptimo en otras condiciones. Supongamos que en una planta química se realiza un proceso que requiere calor. El autómata aprende un conjunto de combinaciones de temperatura, las calidades y porcentajes de rendimiento de la producción, el desgaste de los equipos, "recuerda" el régimen óptimo y lo mantiene con férreo dogmatismo. Pero de repente se descubre en el laboratorio químico que agregando cierto catalizador, la reacción se desarrolla en frío con gran rendimiento del producto buscado. Es evidente que, en este caso, el análisis según el contenido da origen a un cambio radical en el régimen óptimo.

Agregaremos a este raciocinio abstracto un ejemplo de la técnica moderna. En las plantas de vapor mediante las cuales se obtiene la energía eléctrica, el coeficiente de rendimiento que puede

calcularse es del 67 %; sin embargo, en realidad no pasa del 40 %. Mediante la optimación de las condiciones iniciales del proceso (ante todo la temperatura de las piezas de trabajo) y mejorando el funcionamiento del equipo se procura elevar en algo este coeficiente de rendimiento. Sin embargo, con tal enfoque se conservan dos rasgos del proceso tecnológico que limitan las posibilidades para la posterior optimación del proceso de obtener energía eléctrica. En primer lugar, en todas las instalaciones de vapor es preciso recorrer tres etapas: al principio, la energía química o nuclear (en las "usinas" atómicas) se trasforma en calor, éste se convierte en energía mecánica, y finalmente esta última en electricidad. Es evidente que cada uno de estos pasajes va acompañado de una pérdida de energía. En segundo lugar, todas las plantas térmicas tienen partes móviles, sometidas a una elevada tensión, lo cual también limita las posibilidades de optimación del proceso.

Durante este último tiempo se ha elaborado un método para obtener energía eléctrica sin máquinas, mediante generadores hidrodinámicos magnéticos. En este generador, en vez de conductores sólidos giratorios (bobinado del rotor) que cortan el campo magnético creado por el estator, el campo magnético cruza un gas o líquido conductor de la electricidad que se mueve a gran velocidad. En esta corriente, lo mismo que en un conductor sólido, se induce una corriente eléctrica. En la instalación no hay partes móviles, es decir que el calor se trasforma en electricidad sin participación de máquinas mecánicas. En algunas variantes de este género de instalaciones, el coeficiente de rendimiento es del 55 al 60 %. En un futuro no lejano nuestro país tendrá centrales eléctricas muy económicas, provistas de generadores hidrodinámicos magnéticos.

Este ejemplo nos muestra cómo se realiza el pasaje de la optimación de un proceso tecnológico dado a las búsquedas de otra tecnología aún más eficiente. Los medios matemáticos abstractos de optimación son insuficientes para realizar un pasaje de este género; aquí es necesario investigar, de acuerdo con el contenido, la propia naturaleza interna de los fenómenos sometidos a la regulación óptima.

Nuestra exposición nos permite formular una conclusión que, a nuestro juicio, tendrá indudable importancia para valorar las perspectivas del desarrollo de la cibernética: es preciso tener en cuenta la unidad dialéctica del enfoque matemático-formal y el del contenido al investigar los sistemas dinámicos complejos.

2. *La cibernética y la doctrina sobre la unidad material del mundo.*

Cuando se considera la importancia filosófica de las conquistas de la cibernética, debe destacarse en primer término la contribución de esta ciencia al desarrollo de la doctrina materialista dialéctica sobre la unidad del mundo.

Para fundamentar este juicio es conveniente analizar en el plano filosófico los principios básicos y principales en que se funda esta ciencia. Estos principios y resultados son los siguientes: primero, subrayar la unidad de ciertos aspectos de las máquinas, los organismos y la sociedad; segundo, reconocer la unidad de los procesos de dirección y los de información; tercero, formular leyes cuantitativas generales para estudiar la información y la dirección; cuarto, reconocer la unidad de las ciencias.

Si analizamos estos cuatro principios en el plano filosófico, resulta evidente que los fundamentan, concretan y desarrollan el monismo dialéctico materialista. Esto puede observarse con particular claridad al considerar el sentido filosófico de la definición general que formula Wiener sobre el objeto de la cibernética; al decir que es el estudio analítico del isomorfismo de la estructura de las comunicaciones en las máquinas, los organismos y las sociedades. El isomorfismo (semejanza, unidad de formas de los objetos materiales) puede considerarse como manifestación de la unidad material del mundo. Wiener reconoce espontáneamente esta idea, pero no es bastante consecuente al aplicarla.

Desde el punto de vista de Wiener, la estadística es incompatible con el monismo. Si tenemos un conjunto estadístico, éste puede interpretarse sólo desde el ángulo del pluralismo, es decir de una concepción que excluya la unidad de los objetos materiales y reconozca que todos ellos por separado tienen una esencia espiritual individual. No es casual que Wiener se refiera con frecuencia al aspecto más místico de la doctrina de Leibniz, la doctrina de la monadología, que interpreta el mundo real de modo pluralista.

Según Wiener, resultaría que si analizamos algún conjunto estadístico de fenómenos, debe considerarse que cada uno de éstos se encuentra aislado de los demás. El mundo real se descompone de esta manera en un conjunto de mundos. "Uno de los interesantes cambios ocurridos en la física es que, en un mundo probabilístico, ya no manejamos cifras o afirmaciones que se refieren a un universo determinado y real en su totalidad, sino que nos planteamos cuestio-

nes que pueden encontrar una solución en *un número muy grande de universos similares*"[3]. De la noción sobre "muchos mundos" Wiener va aún más allá, a las conclusiones subjetivistas acerca de que cada sujeto tiene su mundo particular. En nuestra época, afirma, hay "desplazamiento en el punto de vista de la física; por un método u otro, se remplaza el universo tal como existe realmente por otro, conforme a las observaciones que se hayan efectuado; el arcaico realismo ingenuo de la física cede a algo que Berkeley habría considerado con una sonrisa de satisfacción". Se comprende que este concepto es radicalmente opuesto a la ciencia y no puede aplicarse en la investigación real.

La obra de Wiener es un ejemplo que revela de modo muy evidente la contradicción existente entre las concepciones filosóficas erróneas que aplica tal o cual científico de la sociedad burguesa, y el valor objetivo de las conclusiones teóricas a las que aquél arriba sobre la base de sus investigadores. En contradicción con sus propias ideas sobre el universo, al que disgrega en un conjunto de mundos aislados, Wiener considera con toda justicia que para el conocimiento científico no hay objetos absolutamente aislados, es decir que llega a concebir el universo como un todo coherente y único.

Esta idea es un importantísimo elemento del monismo materialista dialéctico. En este sentido, la tesis de que existen partes del mundo absolutamente aisladas no puede considerarse correcta. Por eso E. Kolman incurre en una inexactitud cuando expresa que "la integridad del universo no debe reducirse ineludiblemente a la interacción de sus partes"[4].

Aquí no se tienen en cuenta, en primer lugar, los nexos genéticos: la interacción puede realizarse no con el objeto mismo, sino con los sistemas materiales que surgieron de él; en segundo lugar (y esto, a nuestro juicio, es lo principal) tampoco se tienen en cuenta las conexiones de información: el objeto puede trasformarse en algo diferente, pero su información puede acumularse en un receptor de memoria (hasta nosotros llega, por ejemplo, la luz de las estrellas extinguidas hace mucho tiempo). Las conexiones de información también pueden existir entre objetos que desde el punto de vista de la teoría de la relatividad no puede tener otras formas de comunicación.

3 N. Wiener, *Cibernética y sociedad*, pág. 26 (la cursiva es mía. *I. N.*); *ídem*, pág. 34.

4 Ver N. Wiener, *Cibernética y sociedad*, pág. 9.

Por consiguiente, la cibernética concreta la concepción del mundo como un todo único y coherente, incluyendo en la clase de las conexiones del mundo las de índole informativa, al considerarlas conexiones objetivas.

La cibernética revela la unidad de objetos que son heterogéneos por su sustrato, pero que poseen cierta comunidad de estructuras y relaciones. De ahí surge la conclusión, importante para el monismo materialista dialéctico, de que la unidad de los objetos materiales consiste no sólo y quizás no tanto en la unidad de sus sustratos sustanciales, sino más bien en la unidad de sus relaciones.

No menos importante es que la cibernética fundamenta la unidad de la sustancia material y la propiedad del reflejo. Con ellos se refutan las concepciones dualistas agnósticas que separan la materia y el reflejo. Ashby, por ejemplo, hace una interpretación dualista cuando afirma que entre el sujeto y el objeto debe haber algún principio de separación bajo la forma de "tapa de la caja negra".

Por fin, al dar una explicación lógica a ciertos actos de los autómatas que son análogos a la actividad psíquica del hombre, la cibernética fundamenta la unidad de lo fisiológico y lo lógico, que es la unidad de la materia y el reflejo. En este sentido es interesante el punto de vista de J. Neumann, cuando sostiene que con el tiempo, la lógica se aproximará aún a la fisiología.

Partiendo de lo dicho en párrafos anteriores, se puede concluir que la cibernética confirma tres principios fundamentales de la doctrina materialista sobre la unidad del mundo:

1. Coherencia de todos los fenómenos, concepción del mundo como un todo coherente y único;
2. Unidad del mundo como unidad de relaciones entre objetos materiales;
3. Unidad de la materia y sus propiedades, en particular el reflejo.

El cuarto principio fundamental del monismo materialista dialéctico y la lógica, será analizado en el apartado siguiente.

3. *Cibernética y dialéctica.*

La cibernética en cuanto confirma y desarrolla la teoría del materialismo filosófico, brinda un riquísimo material que da forma concreta al método dialéctico marxista.

Una conquista esencial del enfoque dialéctico del mundo es el

método elaborado por la cibernética, para el conocimiento de objetos tan profundamente dialécticos como lo son los sistemas dinámicos complejos. Para el desarrollo de la dialéctica también tiene gran importancia el dominio práctico de los procedimientos destinados a dirigir estos objetos extraordinariamente móviles. Al descubrir los procedimientos para el conocimiento y dirección práctica de los sistemas dinámicos complejos eleva el pensamiento científico-natural dialéctico a un nuevo y más alto nivel.

En las ciencias naturales está muy difundido el método de análisis previo, la descomposición de un objeto complejo en los elementos que lo componen, con la síntesis posterior, la unión de los elementos. Estas dos operaciones opuestas que se aplican sucesivamente permitieron explicar, a la luz de las ciencias naturales, diversos objetos del mundo real. El prototipo real de este enfoque fue la práctica de operar con sistemas macromecánicos: para ajustar una máquina, hay que desarmarla primero en sus elementos, corregir el defecto descubierto, y volver a armarla.

En enfoque cibernético de los sistemas dinámicos complejos se caracteriza por la unidad dialéctica de los aspectos analíticos y sintéticos del conocimiento. Las particularidades de este enfoque se explican por los rasgos específicos de los sistemas dinámicos complejos.

En las ciencias naturales contemporáneas podemos diferenciar tres tipos de objetos: 1) macrosistemas mecánicos; 2) microsistemas; 3) sistemas dinámicos complejos. El tercer tipo de objetos es sintético: combina la evidencia sensible de los macrosistemas mecánicos con la cohesión dialéctica de los elementos y la contradicción que es propia de los micro-objetos.

El nexo profundo de la microfísica y la cibernética se irá revelando de modo cada vez más profundo durante el futuro desarrollo del conocimiento científico. Sin embargo, ahora ya resulta claro que ciertos rasgos, tales como la unidad de las propiedades corpusculares y ondulatorias de los micro-objetos, o como la cohesión de los elementos que forman los sistemas dinámicos complejos, etc., requieren ser interferidos según el método dialéctico materialista. El mismo sistema dinámico complejo no es tan sólo una suma de sus elementos, sino resultado de un proceso evolutivo. La naturaleza dialéctica de los sistemas dinámicos complejos se expresa de modo evidente con la trasformación de los cambios cuantitativos en cualitativos, durante la formación y desarrollo de estos sistemas. En este sentido Wiener señala que ciertos aspectos del control automá-

tico y el autoaprendizaje sólo se ponen de manifiesto después que el sistema alcanza "cierto grado crítico de complejidad".

Al analizar esta ley del desarrollo, mediante el ejemplo de la capacidad del sistema para absorber información, Wiener destaca que ésta crece al principio con bastante lentitud en comparación con la información depositada inicialmente en el sistema; sin embargo, después que "la información depositada pasa de cierto punto, la capacidad de la máquina para absorber nueva información empieza a alcanzar a la información interna de su estructura". Con cierto nivel de complejidad, la información adquirida supera a la que fue depositada al principio en la máquina "y a partir de este estadio de complejidad, la máquina adquiere algunas de las propiedades esenciales del ser vivo"[5].

Wiener compara esta trasformación de los cambios cuantitativos en cualitativos, durante los procesos de información de las máquinas cibernéticas, con fenómenos tales como las reacciones en cadena de una bomba atómica o una llama. Si encendemos un tronco de roble con una cerilla, la combustión se interrumpe en cuanto alejamos el inflamable; sin embargo, si la llama alcanza cierta magnitud, la reacción ya no se extingue. Un mecanismo análogo es el que se establece en los procesos de información.

La elaboración de métodos para la optimación de los procesos objetivos del mundo real, que realiza la cibernética, se funda en la profunda ley dialéctica del desarrollo, que caracteriza la índole progresiva y ascendente del mismo. El desarrollo a través de la optimación es una forma eleborada por la cibernética para realizar y concretar el carácter progresivo del desarrollo. La cibernética ha demostrado que un sistema compuesto por la acumulación de los elementos más contradictorios, y que, al parecer, en modo alguno se pueden calcular, puede desarrollarse progresivamente, llegando al estado óptimo. En este plano es de extraordinaria importancia la teoría matemática de la optimación, elaborada en nuestro país por la escuela del académico L. S. Pontriaguin. Los resultados de estas profundas investigaciones están expuestas en la obra científica *Teoría matemática de los procesos óptimos* (Moscú, 1961), que obtuviera el premio Lenin de 1962, y cuyos autores son L. S. Pontriguin, V. G. Voltanski, R. B. Hamkrelidze, E. F. Mishenko.

Los procedimientos para hallar teóricamente el estado óptimo del sistema constituido por componentes indivisibles, así como los

[5] N. Wiener, *Cibernética*, pág. 210.

métodos para llevar en la práctica estos sistemas al estado óptimo, tienen gran importancia en particular para la economía. Hay una rama especial de la ciencia, la cibernética económica, que se ocupa de la optimación de los procesos económicos. Se comprende que la auténtica optimación de todo el proceso económico en su conjunto sólo es posible si éste se funda en la propiedad colectiva de los medios de producción; bajo las condiciones de la propiedad privada, en cambio, la optimación de eslabones aislados de los mecanismos económicos sólo trae como resultado, como lo destaca el Programa del PCUS, que se exaspere la anarquía de la producción capitalista contemporánea en su conjunto. Los métodos para la optimación hacen que el progreso no sea simplemente un hecho teórico, sino científico-natural, fundado en procedimientos cuantitativos exactos de la matemática contemporánea.

Con las conquistas de la cibernética adquiere forma concreta un importantísimo principio de la dialéctica materialista, la idea del automovimiento de la materia. Lenin, caracterizaba las dos concepciones opuestas del desarrollo, la metafísica y la dialéctica, destacando que si la primera es "inerte, seca", puesto que sitúa la fuente del movimiento fuera de la materia (Dios, sujeto, etc.), la segunda, en cambio, es "viva", ya que, al considerar el movimiento como lucha de contrarios, sólo ella proporciona la "clave para el «automovimiento» de todo lo existente" [6].

Sólo al reconocer el automovimiento, la doctrina dialéctica del desarrollo, que se basa en la lucha de los contrarios, superando de modo definitivo la idea del impulso primario, se torna consecuentemente científica.

En el principio cibernético del control automático se manifiestan claramente las leyes dialécticas del movimiento. El sistema con control automático se desplaza por sí mismo de un estado a otro, de acuerdo con las condiciones del medio; el mecanismo de estas transiciones no se encuentra fuera, sino dentro del sistema mismo. En este plano, el universo infinito, que se desarrolla de acuerdo con sus propias leyes objetivas, sin participación alguna de fuerzas místicas y divinas, puede considerarse como un gigantesco sistema con control automático que forma su propio medio y merced a lo cual actúa sobre sí mismo.

En las conquistas de la cibernética tiene diversas manifestaciones la ley de la unidad y lucha de los contrarios. Así, por ejemplo,

[6] Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XXVIII, pág. 352.

en la homeostasis se observa la unidad de dos principios opuestos, la estabilidad y la variabilidad. Wiener señala con razón que en la cibernética no nos interesan los sistemas absolutamente estables, sino los que lo son de modo relativo. Destaca que el sistema absolutamente estable es la "muerte térmica"; en cambio, los sistemas cibernéticos que llegan a la homeostasis pasan "gran parte de su existencia en estados que no son de un equilibrio completo, pero son semejantes a éste"[7]. Sólo la doctrina dialéctica de la contradicción puede explicar el complejo mecanismo de los estados homeostásicos, en los que se realiza un equilibrio con el medio que no es inerte ni inmóvil, sino dinámico y contradictorio. En la teoría de la información hallamos la contradicción dialéctica al analizar la correlación entre la información y el ruido.

En la esfera de la cibernética, una de las contradicciones principales es la que existe entre las funciones del comportamiento (forma externa de manifestación) y la estructura interna del sistema. Como ya lo señalamos, la unidad relativa de estos contrarios permite realizar el control estadístico de la regulación de un sistema dinámico complejo, sobre la base de que una misma función del comportamiento puede corresponder a diversas estructuras internas del sistema. Debido a la multiplicidad de sus factores, por una parte, y a la índole indivisible de los mismos, por la otra parte, el comportamiento del sistema dinámico complejo no puede interpretarse de otro modo que no sea por medio de las leyes estadísticas.

Una expresión esencial de la naturaleza dialéctica de la cibernética es que en esta disciplina científica se generaliza la noción de ley estadística, revelándose nuevos métodos para su conocimiento.

Aquí vemos otro aspecto importante del contacto entre la cibernética y la microfísica. El desarrollo del concepto de ley estadística es un rasgo peculiar del siglo XX, que expresa una etapa más elevada de la aplicación del método dialéctico a las disciplinas científicas especiales. En efecto, si con la noción de ley dinámica, la contingencia, en esencia, es reducida a la necesidad, y esta última se concibe como algo inmóvil, que no se desarrolla en la idea de la ley estadística se expresa de modo multifacético la unidad dialéctica, el nexo y transición mutuos de la contingencia y necesidad. La ley estadística es una ley que vincula el pasado, el

7 N. Wiener, *Cibernética*, pág. 209.

presente y el futuro del sistema, no de un modo equivalente, sino por un método probabilístico.

Esta profunda idea dialéctica tiene importancia fundamental para la cibernética. Sin generalizar la ley estadística, y, por consiguiente, sin desarrollar la dialéctica de necesidad y contingencia, la cibernética no hubiera podido interpretar los procesos informativos ni indicar los métodos para dominar los procesos de control.

La cibernética extendió los métodos estadísticos hacia un nuevo campo de investigación, los perfeccionó y elevó a un alto nivel de universalidad. Por esta causa, el análisis filosófico de los elementos de la cibernética permite abordar la ley estadística con más amplitud filosófica. La misma interpretación tiene un valor científico universal y constituye una de las tareas centrales de la investigación filosófica contemporánea.

La estadística forma parte de la cibernética, en primer lugar, como estadística de la dirección, y en segundo término, como estadística de los procesos de información.

Ya sabemos que la homeostasis es resultado de un conjunto de diversos estados internos. La naturaleza estadística de la homeostasis trae como resultado que el ordenamiento del sistema, es decir, el control del mismo, pueda realizarse por distintos procedimientos.

La naturaleza estadística de la cibernética se manifiesta de modo aún más evidente en los procesos informativos. Una importantísima noción de la cibernética es la de cierta diversidad, en la cual se puede realizar una elección. He aquí un ejemplo muy simple: en una bolsa hay globos negros y blancos, y en otra sólo hay globos negros. Si obtenemos un globo negro, no podemos decir de qué bolsa proviene, pero si se trata de un globo blanco, es evidente que corresponde a la primera bolsa. En este caso un elemento (el globo), de acuerdo con el conjunto del cual ha sido escogido, aporta más o menos información. La información se vincula siempre con cierta diversidad, en la cual se pueden elegir. El sistema dinámico complejo también presenta cierta diversidad, puesto que el cambio de uno de sus factores origina el cambio de muchos otros. Este hecho tiene importancia para fundamentar lo que hay de común en los procesos de dirección de un sistema complejo y los procesos de información: unos y otros son estadísticos, es decir que se vinculan con una diversidad en la cual se puede realizar una lección.

Con el correr del tiempo la diversidad del sistema va disminuyendo, y éste se vuelve incapaz de trasmitir una información. Para ilustrar este principio, Ashby presenta el siguiente ejemplo: a un

hombre que está preso en una cárcel le dan una taza de café; este acto puede denotar alguna señal, de acuerdo con que el café esté caliente, tibio o frío. Sin embargo, si no se sirve enseguida, el café se enfría, y ya no puede haber elección(caliente, tibio o frío). En tales circunstancias el acto ya no expresa señal alguna.

Desde otro ángulo, a fin de trasmitir información, la diversidad debe ser limitada. El mismo Ashby señala un claro ejemplo de diversidad sin limitación, que por esta causa no proporciona información alguna. Pantagruel héroe del libro de Rabelais, y sus amigos, para decidir si Panurgo debía casarse, recurren a diversos consejeros, de los cuales se sabe lo siguiente: Rondibilis está casado ahora, pero no lo era anteriormente; Hipotadeo no está ni estuvo casado; Bridoye estuvo casado y ya no lo está, y Truillogan está casado y seguirá en ese estado. Como vemos todas las variantes son posibles, pero de ellas no surge un consejo equivalente para Panurgo.

La trasmisión de la información se realiza en el tiempo, o sea que constituye lo que se llama en estadística un proceso temporal. En tales procesos no se puede juzgar de manera equivalente sobre su estado futuro de acuerdo con el anterior. Pero si no se juzgara sobre el estado futuro de una información de acuerdo con su pasado, resultaría absolutamente imposible trasmitir información. La solución de este dilema es el enfoque estadístico de la trasmisión de informaciones, en la que el estado anterior del proceso determina de un modo no equivalente su estado futuro. Es evidente que la estadística de la trasmisión de información será de carácter probabilístico.

La información por lo común supone alguna novedad; por lo demás, la nueva información se encuentra en una señal poco probable. La información más novedosa está en la señal menos probable. En efecto, si se trasmite por telégrafo en forma desordenada puntos y rayas, después de establecer todos los promedios, la señal más probable será aquella en la que cada punto seguirá simplemente a una raya, es decir que los puntos y rayas estarán distribuidos de modo uniforme. Otro ejemplo: si se eligen arbitrariamente las combinaciones de siete letras inglesas, sólo el 0,0002 % de estas combinaciones serán palabras inteligibles. Por consiguiente, las limitaciones impuestas (el requisito de que las combinaciones de letras sean inteligibles) reducen la cantidad de información. Así, por ejemplo, Shannon calcula que si se considera la cantidad de información correspondiente a una letra del alfabeto inglés, sin tener en cuenta la frecuencia del empleo de la misma, tendremos 4,72 unidades bi-

narias por letra, pero si se consideran los datos estadísticos, sólo resultan 4,03 unidades binarias por letra. Lo novedoso de la información guarda relación directa con la dirección, porque cuanto más nueva es la información, más importante será el reflejo de orientación que lleva al control.

En los dispositivos reguladores se realizan millones e incluso miles de millones de operaciones antes de obtener algún resultado. En el micrófono, por ejemplo, antes de que se produzca una señal sonora articulada, se realizan muchos millares de operaciones; en el televisor, la señal es el resultado de millones de operaciones, y en el radar, de miles de millones. Sin embargo, en estos casos, cuanto mayor es el número de operaciones de las que depende el resultado, tanto menor es la significación de cada operación por separado. Por eso la estadística misma, gracias a los promedios, puede asegurar la estabilidad del resultado.

La estadística está relacionada con cierta indeterminación: pero cuanto mayor es esta indeterminación tanto más se moviliza el reflejo de orientación que se encarga de ordenar el comportamiento. ¿De qué manera este reflejo de orientación puede mantener el equilibrio dinámico y dirigir la conducta en condiciones en las que el medio es estadísticamente variable, por una parte, y, por la otra, la interacción el sistema y el medio tiene carácter estadístico? Este problema básico de la estadística se resuelve merced a la presencia de la estabilidad estadística. La estabilidad estadística significa que en el trascurso de un intérvalo temporal suficiente, las probabilidades de tales o cuales elementos del proceso estadístico resultan casi uniformes. Y esta estabilidad estadística también indica que los procesos estadísticos del mundo real no son caóticos, sino que tienen un carácter subordinado a leyes. Reconocer la estabilidad estadística es condición necesaria para reconocer las regularidades de los procesos estadísticos.

En el caso contrario resultan inevitables las ideas que erigen en algo absoluto la índole caótica del universo. Lenin pone al desnudo la inconsistencia de estas ideas, en *Materialismo y empiriocriticismo*, y menciona con aprobación el siguiente juicio de L. Fuerbach: "El teísmo deduce *directamente* del carácter fortuito del orden, de la finalidad y de las leyes de la naturaleza su origen arbitrario, la existencia de un ser diferente a la naturaleza, y que infunde el orden, la finalidad y la ley a la naturaleza caótica (*dissolute*) por sí misma (*an sich*) y extraña a toda determina-

ción"[8]. Aquí se muestra con extraordinaria claridad el nexo que existe entre la noción del caos universal y el idealismo filosófico.

Por consiguiente, el factor del equilibrio estadístico es un pilar importantísimo y primordial de la estadística. No hay enfoque racional de los problemas estadísticos que pueda pasar por alto este axioma. Es cierto que se aplica con frecuencia sin fundamentarlo filosóficamente, pero su vigencia es indiscutible. Es interesante señalar que la noción de constante estadística pasó a las ciencias naturales desde las investigaciones sociológicas, de la estadística demográfica. Los primeros censos de población mostraron que si el conjunto de sus elementos es bastante amplio, pueden hallarse rasgos constantes en ellos. En otras palabras, la estadística refleja la clase, o, como suele decirse, el conjunto de sucesos, fenómenos u objetos. Por eso puede traducir juicios sobre la clase en su totalidad, que siguen siendo verdaderos aun cuando no pueden aplicarse a cada miembro de la clase por separado. En su libro *Introducción a la cibernética*, Ashby presenta el siguiente ejemplo: si 20 millones de mujeres de algún país alumbran 30 millones de niños, nadie deducirá, por cierto, que cada mujer tuvo un niño y medio. La propiedad del sistema complejo de poseer rasgos que no son inherentes a ninguno de los elementos de este sistema en particular, se denomina emergente.

La generalización de la ley estadística en el campo del estudio de la información es una manifestación muy importante de la dialéctica.

Los elementos expuestos permiten concluir que el carácter mismo del enfoque estadístico de la cibernética no está determinado por la arbitrariedad subjetiva del investigador, sino por las particularidades objetivas de sus objetos, es decir, los sistemas dinámicos complejos, la peculiar conjunción y la naturaleza contradictoria de sus elementos. El método de conocimiento y la aplicación práctica corresponde a la misma naturaleza objetiva de los objetos de la cibernética.

Aquí se refirma un importantísimo principio del materialismo dialéctico, la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento, la unidad de la dialéctica objetiva y subjetiva.

Los resultados obtenidos ya por la cibernética en las primeras etapas de su desarrollo confirman la conclusión que formula la teoría materialista dialéctica del conocimiento, según la cual el cono-

[8] Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XIV, pág. 153. (*Ed.*).

cimiento no se reduce al acto único de reflejar la realidad en el cerebro, sino que representa un proceso dialéctico basado en la experiencia práctica, por el que se pasa de la ignorancia al conocimiento, del conocimiento menos profundo al más profundo. El criterio objetivo de la práctica es de particular importancia para el conocimiento teórico y el control práctico de los sistemas dinámicos complejos. De acuerdo con las investigaciones actuales de los métodos para dirigir un sistema dinámico complejo, los factores que actúan en el mismo se dividen en esenciales y contingentes, y luego, excluyendo estos últimos por diversos procedimientos, se elaboran los métodos matemáticos para establecer el papel de los factores esenciales. El punto central de este procedimiento, la separación de los factores en esenciales y contingentes, sólo puede realizarse teniendo en cuenta las necesida-
diversos procedimientos, se elaboran los métodos matemáticos para establecer el papel de los factores esenciales. El punto central de este procedimiento, la separación de los factores en esenciales y contigentes, sólo puede realizarse teniendo en cuenta las necesidades de la práctica. Porque esta separación no es absoluta, sino relativa, y exige un enfoque concreto: lo que en determinadas condiciones, es contigente en cierto sentido puede resultar esencial en otro caso, y viceversa. Es necesario resolver este importantísimo problema de una nueva manera en cada caso nuevo, considerando el carácter de las tareas prácticas.

En la cibernética aparece de modo evidente la transición dialéctica del conocimiento desde lo externo a lo interno; cuando no podemos llegar a conocer en seguida el contenido interno de un sistema dinámico complejo, lo juzgamos de acuerdo con su comportamiento. Es desde todo punto de vista incorrecto formular conclusiones agnósticas partiendo de esta particularidad del conocimiento que caracteriza a la cibernética, en el sentido de que el contenido interno de los sistemas dinámicos complejos es absolutamente incognoscible. Por el contrario, todo el contenido real de los descubrimientos de la cibernética confirma del modo más evidente la tesis del materialismo dialéctico sobre la posibilidad de conocer lo real, la tesis de que no hay cosas, procesos ni fenómenos que por principio sean incognoscibles, si hay objetos aún no conocidos.

Los teoremas fundamentales de la teoría de la información confirman el principio del materialismo dialéctico según el cual a través de todos los errores y confusiones, finalmente se abre paso la verdad. Así, por ejemplo, Shannon demostró un teorema cuyo enunciado dice que al trasmitirse dos señales, aún cuando ninguna de

ellas produzca la recepción de señales uniformes, por lo menos en principio, las perturbaciones pueden ser corregidas. Esto indica que a pesar de todas las perturbaciones provocadas por el ruido, podemos establecer la significación real de la señal trasmitida. Otro teorema de la información no menos importante demostrado por Shannon dice que se puede trasmitir una información segura por un canal inseguro, es decir, un canal sometido al efecto de ruidos. Parecería que en este caso es imposible obtener una comunicación fidedigna. Sin embargo, para el enfoque materialista dialéctico, el notable resultado logrado por Shannon no resulta paradojal. Por el contrario, es un resultado natural, y en él se concreta la tesis dialéctica sobre la interrelación de la verdad y el error en el proceso del conocimiento.

El carácter progresivo del desarrollo del conocimiento humano también tiene su comprobación, por ejemplo, en esta tesis fundamental de la teoría de la información: con el correr del tiempo, la incertidumbre del observador respecto del estado del sistema sólo puede disminuir [9]. W. Ashby vincula esta importante conclusión, base de la tesis sobre la cognoscibilidad de lo real, con la ley de la acumulación de la experiencia. Esta última expresa que la información sobre el cambio del estado del sistema "tiene tendencia a destruir y remplazar la información sobre el estado inicial del sistema" [10].

Sin embargo, es evidente que no se puede atribuir carácter absoluto al proceso por el cual se acumula la experiencia mediante el remplazo de la información antigua por la nueva. En todo caso, si este es el proceso que caracteriza la acumulación de informaciones en las máquinas, para el conocimiento humano es esencial el proceso por el cual se generalizan los conceptos y teorías científicos. En la esfera de la cibernética, se puede aplicar al desarrollo de los conceptos científicos el principio de correspondencia, formulado por N. Bohr para caracterizar el desarrollo de las teorías físicas [11].

El principio de correspondencia (al revelar la dialéctica de la verdad absoluta y la verdad relativa) indica que la teoría científica (concepto científico) posterior no deja de lado la anterior sino que la incluye como caso límite, particular. Así, por ejemplo,

9 Ver W. Ashby, *Introducción a la cibernética*, pág. 194.

10 *Ibíd.*, pág. 198.

11 En el trabajo de I. V. Kuznotzov, *El principio de correspondencia en la física contemporánea y su significación filosófica* (Moscú, 1948), se realiza un análisis filosófico general de este principio.

con velocidades que son mucho menores que la de la luz, las fórmulas de la teoría de la relatividad se trasforman en fórmulas de la mecánica cuántica; cuando h (constante de Planck, que caracteriza la discontinuidad de los efectos) tiende a 0, las fórmulas de la mecánica cuántica se convierten en las de física básica. Este nexo consecutivo de la teoría tiene su base real en la unidad de los objetos estudiados por dichas teorías.

A nuestro juicio en la cibernética, se generalizan dos conceptos fundamentales del conocimiento científico: los de conexión y causalidad. El primero se generaliza en la esfera de los procesos informativos, en los que el intercambio de información aparece bajo la forma de conexión; el segundo, en la esfera de las acciones de información con señales. Por ejemplo: si empujamos con la mano una puerta, y ésta se abre, hay un efecto mecánico; entre el movimiento de la mano y el de la puerta hay un nexo causal. Imaginemos ahora una puerta provista de una fotocélula, que se abre cuando se acerca un hombre, sin necesidad de que éste aplique alguna fuerza; hay aquí un nexo causal entre la señal sobre la aparición del hombre ante la puerta y el movimiento de la misma.

Al hablar del desarrollo, de la generalización de conceptos, hay que recordar que este proceso tiene sentido racional sólo si se conserva la más profunda base de principio del concepto dado. Desde este punto de vista es necesario formular una observación. Al considerar la significación general de la cibernética para la biología, Ashby señala que estos métodos pueden revelar la índole ilegítima de muchos problemas. Es indiscutible que en el proceso del conocimiento, con frecuencia resulta que no conviene dedicar esfuerzos a resolver un problema cuyo planteamiento mismo es ilegítimo. Sin embargo, es forzoso refutar a Ashby cuando afirma que "es posible que algunos de los problemas relativos a la localización, el condicionamiento causal y el aprendizaje, correspondan a esta clase"[12] (es decir, a la clase de los problemas ilegítimos). Puede variar el planteamiento de tales o cuales problemas, pero lo referente al condicionamiento causal del fenómeno no puede incluirse entre los problemas que "no correspondería plantear". Este problema desempeña un papel fundamental en el conocimiento científico, y no puede ser anulado o soslayado en modo alguno; el desarrollo del conocimiento hace posible una respuesta más amplia.

Sobre la base de analizar la correlación entre cantidad de in-

12 W. Ashby, *Introducción a la cibernética*, pág. 274.

formación y probabilidad, análisis que se desarrolla en la teoría de la información, se puede efectuar observaciones muy interesantes con referencia a la naturaleza dialéctica del proceso cognoscitivo.

A comienzos de la década del 30, el lógico austríaco Gödel demostró uno de los teoremas más importantes de la lógica matemática, según el cual en todo el sistema lógico suficientemente compacto se pueden formular ciertas afirmaciones que dentro de este sistema no se pueden demostrar, ni tampoco refutar, si el mismo cumple con el requisito de no ser contradictorio. Hay dos vías para resolver esta situación: limitarse a considerar los casos particulares de la tarea, que es insoluble en una forma general, o pasar a un sistema lógico más amplio en el que la tarea pueda tener solución de una manera general.

Considerando que la segunda vía presenta mayores perspectivas para el desarrollo del conocimiento, podemos formular la conclusión de que cada sistema formalizado debe fundarse en un sistema más amplio. Por consiguiente, a la luz del teorema de Gödel, el conocimiento puede considerarse vinculado con el proceso de transición hacia lenguajes formalizados más amplios. Por lo demás, en cada lenguaje posterior hay más información que en el anterior, puesto que el primero incluye al segundo en calidad de caso límite. Por consiguiente, tenemos un conjunto de lenguajes formalizados, y la cantidad de información contenida en cada lenguaje siguiente es mayor que la incluida en el que le antecede ($I_{1\,(n+1)} > I_{1n}$).

Sin embargo, la teoría moderna de la información indica que la cantidad de información del sistema guarda una relación inversa con la probabilidad del sistema dado. Por eso, la probabilidad de los lenguajes formalizados cada vez más ricos en información va disminuyendo, es decir, que con $P_{1n} \Longrightarrow 0$, $I_{1n} \Longrightarrow \infty$. Esto significa que la probabilidad del lenguaje lógico que contiene una cantidad infinita de información tiende a 0. Aquí se expresa en esencia la dialéctica del proceso cognoscitivo, vinculado con su infinitud, que se manifiesta en la oposición de la verdad absoluta y la verdad relativa. Caracterizando esta contradicción, dice Engels, en *Dialéctica de la naturaleza* que "lo infinito es cognoscible en la misma medida que es incognoscible, y esto es todo lo que necesitamos" [13].

Esta contradicción se resuelve en cada caso, en fin de cuentas, reconociendo el papel decisivo de la práctica dentro del proceso

13 F. Engels, *Dialéctica de la naturaleza.*

cognoscitivo. En efecto, si tenemos un lenguaje formalizado A, hará falta para fundamentarlo el lenguaje A', más rico en información y menos probable; el lenguaje A', a su vez, tendrá necesidad del lenguaje A'', etc.; la serie seguirá así hasta el infinito. En la realidad, sin embargo, la suprema argumentación de un sistema lógico es la práctica. Por consiguiente, al analizar la dialéctica de la verdad relativa y la verdad absoluta a la luz de los datos de la teoría de la información, se comprueba una vez más el papel decisivo de la práctica, la cual, según el juicio de Lenin, "tiene no sólo el mérito de la universalidad, sino también el de la realidad inmediata".

Al analizar la importancia de las conquistas de la cibernética para desarrollar y concretar la dialéctica, es necesario plantear el problema del carácter de la lógica, sobre cuya base se realizan en las máquinas cibernéticas algunas operaciones del pensamiento.

El examen de las posibilidades que ofrecen las modernas máquinas "pensantes" permite concluir que las mismas realizan sus operaciones sobre la base de los axiomas de la lógica formal. Es correcta, sin embargo, la opinión del profesor N. A. Bernstein, el cual señala que, con relación a las máquinas actuales, "la dialéctica es algo superior a sus fuerzas, como lo es también la creación en su significado cabal", pero no descarta la posibilidad de que las máquinas del futuro utilicen "los programas de operaciones de la lógica dialéctica" [14].

Consideramos importante señalar que la posible "asimilación" de algunos elementos de la dialéctica por las máquinas cibernéticas estará relacionada con cierta formalización de los elementos de la lógica dialéctica. Debemos señalar, además, que si el aparato de formalización de la lógica elemental se funda en la combinatoria con sus rígidos nexos del tipo "sí o no", "todo o nada", el aparato de formalización de la lógica dialéctica debe basarse en el análisis matemático, con su cómputo de la continuidad del cambio de funciones, en vez de tener en cuenta únicamente sus magnitudes discretas. Se puede suponer que en el futuro esta circunstancia estará vinculada con la creciente importancia de la idea de la continuidad en el desarrollo del conocimiento científico.

La formalización de ciertos aspectos de la lógica dialéctica abre

[14] Véase V. Moiséiev, *Problemas de cibernética en biología y medicina*, pág. 23.

perspectivas para utilizar en las máquinas futuras los programas que se funden en las operaciones de la lógica dialéctica.

Sólo señalamos algunos problemas de la dialéctica, que nos parecen los más esenciales, vinculados con las conquistas de la cibernética. Este aspecto extraordinariamente importante del análisis filosófico de los resultados de la cibernética debe estudiarse de un modo más preciso y detallado, sobre todo si se considera que el desarrollo de la cibernética como ciencia de los sistemas dinámicos complejos, para los cuales resultan insuficientes los elementos de la lógica formal, plantea de manera muy aguda la necesidad de la lógica dialéctica.

Sin embargo, por lo que ya se dijo hasta ahora, se puede formular la conclusión general de que el desarrollo de la cibernética aporta nuevas confirmaciones y representa nuevos triunfos de la dialéctica materialista. Esta conclusión general se concreta en las tesis básicas siguientes:

1. Con el surgimiento de la cibernética varía el concepto mismo de la estructura de la teoría científica. El método de conocimiento se modifica de acuerdo con las particularidades de los mismos objetos de la cibernética: los sistemas dinámicos complejos. Este método, que utiliza ampliamente el enfoque funcional, tiene importancia no sólo para la cibernética, sino también para otros campos del conocimiento, en particular para la física de las partículas elementales. Todo esto confirma la notable idea leninista sobre la unidad de la dialéctica, la lógica y la teoría del conocimiento.

2. Al extender los métodos estadísticos hacia el dominio de las comunicaciones informativas y los procesos de dirección en sistemas dinámicos complejos, la cibernética confirma el principio de la cognoscibilidad del mundo real, refutando las tergiversaciones agnósticas de los idealistas, que abordan los procesos informativos con espíritu místico.

3. El desarrollo de la cibernética muestra una vez más que el conocimiento es un proceso dialéctico complejo, cuya base es la práctica histórico-social de la humanidad.

4. La cibernética y ciertas características del conocimiento científico contemporáneo.

Partiendo de las conclusiones metodológicas deducidas del desarrollo de la cibernética, se pueden señalar diversas peculiaridades esenciales que caracterizan el conocimiento científico contemporáneo.

1. La etapa actual del desarrollo de las ciencias naturales se distingue por la transición del modo de organizar el trabajo científico que podríamos llamar "manufacturero", hacia su "maquinización". Sin la moderna técnica de investigación —poderosos aceleradores, reactores, cohetes de investigación, máquinas calculadoras, etc.— la labor científica resulta inconcebible. Esto determina que se acentúe la dependencia de la ciencia con respecto a la sociedad. En el trabajo científico es ahora cada vez más importante el papel del equipo creador, vinculado con otros equipos. La maquinización y el colectivismo de la labor científica confieren particular urgencia a la tarea de planificar esta actividad. En esto se manifiestan con la mayor evidencia las ventajas de los métodos planificados para organizar la ciencia. Prueba convincente de estas ventajas son las victorias histórico-mundiales de la URSS en la conquista del espacio cósmico.

2. La segunda particularidad fundamental del conocimiento científico contemporáneo consiste en que se acentúa la tendencia hacia la síntesis interdisciplinarias de las ciencias naturales, cuyos límites se vuelven cada vez más relativos y móviles. Si los griegos conocieron una ciencia única, no desmembrada, cuya negación fue la creciente diferenciación de las ciencias particulares, el desarrollo contemporáneo de las ciencias naturales se caracteriza por una peculiar negación de la negación, la creciente conexión entre distintas disciplinas; se va superando la separación de las mismas, fundiéndose en síntesis dialéctica los procesos de diferenciación de dominio y su interpenetración recíproca.

Al considerar las perspectivas de la acción mutua de las ciencias se afirma con frecuencia que, en el futuro, la biología pasará al primer plano, remplazando a la física. Hemos señalado que la física conservará su posición central en las ciencias naturales. Sin embargo, ésta se hará más concreta y se generalizará en su aplicación a diversas esferas de la materia, a la física de las proteínas, la física del reflejo, etc. La interpenetración y enriquecimiento mutuo de todas las disciplinas fundándose en las ciencias físico-matemáticas expresa claramente el proceso de síntesis de las ciencias naturales.

Una de las manifestaciones de esta ciencia en el desarrollo de la ciencia fue el surgimiento mismo de la cibernética, que unificó los resultados de la neurofisiología, la electrónica, la teoría de las probabilidades y otras disciplinas. El desarrollo de la cibernética acentúa la tendencia hacia la síntesis de las ciencias.

3. La tendencia sintética se expresa también en que se fortalecen los vínculos entre las disciplinas sociales y las ciencias naturales. Ya hemos hablado de las máquinas electrónicas, que se utilizan en economía y jurisprudencia, y del concepto de equilibrio estadístico, que pasó de la sociología a las ciencias naturales. Esto sólo es el comienzo del proceso de aproximación entre las ciencias naturales y las ciencias sociales. Lenin afirmaba caracterizando esta tendencia: "La poderosa corriente que iba de las ciencias de la sociedad se desarrolló como es sabido, en la época de Petty, sino también en la de Marx, tan poderosa como antes, si no más, sigue siendo en el siglo XX" [15].

En el socialismo se crean las condiciones propicias para la mayor aproximación y enriquecimiento mutuo de las ciencias de la naturaleza y de la sociedad, puesto que en ambos casos la base teórica es la filosofía auténticamente científica del materialismo dialéctico e histórico.

4. Una peculiaridad característica de las ciencias naturales contemporáneas es la unión de la más alta exactitud en el experimento y el vuelo más audaz de la fantasía al desarrollar la teoría. Cuanto más exactos son nuestros experimentos, más objetos nuevos conocemos. Así, por ejemplo, el incremento de la exactitud de la pesada en un orden dio origen al descubrimiento del argón; por la extraordinaria exactitud de sus experiencias, Lébedev pudo llegar al notable descubrimiento de la presión luminosa. Los dispositivos para la conquista del cosmos se distinguen por su elevadísima exactitud. Al mismo tiempo, para explicar la naturaleza de las nuevas hipótesis se formulan otras cada vez más audaces. Esta tendencia también se manifiesta en la cibernética, en la que las conjeturas osadas, verdaderamente fantásticas, se combinan con los métodos cuantitativos exactos para estudiar la información y la dirección. Por lo demás, tanto en la teoría como en el experimento (en todas las ciencias) adquieren creciente importancia los métodos matemáticos de investigación. La tendencia a "matematizar" la ciencia, ya señalada por Lenin a comienzos de nuestro siglo, se trasformó en la peculiaridad más característica y fundamental del proceso cognoscitivo en su etapa actual.

5. En el conocimiento contemporáneo es cada vez más importante el estudio de los objetos en función de sus relaciones, antes que por su sustrato material. Marx fue el primero que aplicó

15 V. Lenin, *ob. cit.*, t. XX, pág. 195.

este método a la sociología, al estudiar el valor. El estudio de las relaciones también adquiere creciente importancia en las ciencias naturales. Ejemplo de ello es la cibernética, que realiza el enfoque funcional de los objetos, prescindiendo de sus sustratos materiales. El enfoque funcional da una base para "matematizar" con éxito diversas esferas del conocimiento. Este enfoque se aplica ahora con tanta amplitud en diversas ciencias, que, a nuestro juicio, se puede hablar de cierta "cibernetización" del conocimiento como particularidad esencial del desarrollo de la ciencia en su etapa actual.

6. En nuestra época el proceso del desarrollo del conocimiento científico se torna cada vez más complejo. Esto se manifiesta especialmente en que, junto con las ciencias de los objetos del mundo real, empiezan a desempeñar un papel cada vez más importante las ciencias de las ciencias, las llamadas metaciencias, (por ejemplo, la metamatemática) que estudian los problemas generales de la fundamentación de la ciencia y las vías de su desarrollo.

En la actualidad, cuando el problema de la esfera de su acción cobra el máximo interés para cada ciencia, tales ciencias de las ciencias adquieren extraordinaria significación como base teórica para planificar racionalmente la actividad científica.

7. Entre las características del conocimiento científico contemporáneo debemos señalar el ritmo extraordinariamente acelerado de su desarrollo. Es suficiente mencionar que desde el descubrimiento de la fisión del núcleo de uranio hasta la construcción de la primera "usina" nuclear en la URSS pasaron algo más de diez años, y que desde el lanzamiento del primer satélite de la Tierra hasta los primeros vuelos heroicos de los cosmonautas soviéticos trascurrieron en total tres años y medio. Los éxitos en la conquista del cosmos durante los últimos cinco años han sido tan grandiosos, que ahora se habla de la "cosmización" de la ciencia como principal característica de su etapa actual.

La aceleración de los ritmos también se manifiesta de modo muy evidente en el desarrollo de la cibernética, que en sus quince años de existencia alcanzó extraordinarios resultados. Esta particularidad del desarrollo de la ciencia expresa la ley general a que se subordina el acelerado ritmo del progreso social en nuestro tiempo.

8. Con el fortalecimiento de las tendencias sintéticas en las ciencias naturales cobran creciente importancia las concepciones filosóficas para el desarrollo de la ciencia. Al formular una doctrina sobre el universo en su totalidad, la filosofía auténticamente científica del materialismo dialéctico aporta una base metodológica

para la futura interpenetración y acción mutua de las ciencias. El materialismo dialéctico ofrece un fundamento teórico consecuente para estudiar las nuevas conexiones, cuyo número aumenta sin cesar, de los procesos más distantes.

En las ciencias naturales del presente no se destruye la noción del universo como un todo coherente y único, sino que se generaliza. Como señalara Lenin en *Materialismo y empiriocriticismo*, las ciencias naturales confirman desde todo punto de vista la tesis sobre la unidad de la materia. Esta importantísima noción del materialismo dialéctico adquiere la significación de un hecho científico-natural en el conocimiento contemporáneo, y es aceptada por la inmensa mayoría de los científicos.

La importancia de la filosofía materialista dialéctica para la ciencia contemporánea también se funda en que, frente a los rápidos cambios de las teorías naturalistas, ofrece una base teórica sólida para las investigaciones científicas posteriores.

El análisis filosófico permite estudiar las vías del desarrollo de la ciencia y demostrar la inconsistencia de las concepciones que se alejan del materialismo. Los principios fundamentales de la filosofía marxista, comprobados por la práctica milenaria de la humanidad, constituyen los criterios indirectos para elegir tales o cuales hipótesis, señalando la absoluta inconsistencia de toda idea mística en la ciencia. Este hecho es aceptado por la inmensa mayoría de los científicos. Así, por ejemplo, el célebre matemático John Neumann, fallecido recientemente, decía lo siguiente: "Es indudable que toda fase aislada de cualquier forma concebible de conducta puede ser descrita de modo «cabal y equivalente» mediante palabras. Esta descripción puede ser extensa, pero siempre resulta posible. Negar esto significaría adherirse a una forma de misticismo lógico, que, por cierto, la mayoría de nosotros no comparte" [16].

Es de particular importancia mantener una posición filosófica rigurosa al resolver ciertos problemas fundamentales de la ciencia, relativos a la concepción del mundo, tales, como, por ejemplo, la naturaleza de la ley estadística, las leyes de conservación, el principio de causalidad, etc. Hemos señalado también cuán importante es el papel de la filosofía materialista dialéctica para resolver ciertos problemas básicos de la cibernética, como el de la naturaleza de la información, el carácter del proceso de control automático y los

16 A. Turing, *¿La máquina puede pensar?*, pág. 90.

métodos para su optimación, la correlación entre el pensamiento y el trabajo de la máquina cibernética, etc.

Sólo el empleo conciente de los principios del materialismo dialéctico y su desarrollo creador con relación a la esfera dada del conocimiento pueden asegurar una solución consecuente para los complejísimos problemas que enfrentan las ciencias naturales en la actualidad.

Los elementos analizados en este capítulo permiten formular diversas conclusiones de importancia esencial. El desarrollo de la cibernética fundamenta una serie de tesis filosóficas cuya significación trasciende los límites de esta ciencia, y que son esenciales para comprender las características generales del proceso cognoscitivo contemporáneo.

Entre estas ideas filosóficas, confirmadas y concretadas por la cibernética, es preciso señalar en primer plano la tesis leninista, expuesta en la obra clásica *Materialismo y empiriocriticismo*, sobre la validez del materialismo como pilar granítico de la teoría científico-natural, contra el cual se estrellan todos los esfuerzos de los idealistas por deformar las realizaciones de la ciencia.

En nuestra época, más que nunca, la interpretación filosófica de los resultados de la ciencia se convierte en elemento inseparable de la estructura del conocimiento humano. Hoy adquieren particular actualidad las palabras de un autor al que cita V. Lenin en *Materialismo y empiriocriticismo*, aprobando su punto de vista: "Prácticamente (*pratically speakink*), los postulados del materialismo son simplemente inevitables (*unescapable*) en las investigaciones de las ciencias naturales" [17].

Con relación a las tendencias generales del proceso cognoscitivo, el desarrollo de la cibernética, es una brillante confirmación del genial principio leninista, elaborado de modo exhaustivo en la obra clásica *Materialismo y empiriocriticismo*, de que, con el progreso de la ciencia, las ideas fundamentales de la concepción materialista del mundo (tales como la tésis sobre la unidad del mundo, su desarrollo, etc.) no se destruyen, sino que se generalizan, enriqueciéndose y adquiriendo mayor profundidad.

Esto se refiere en particular a la generalización de una importantísima categoría filosófica, la categoría de materia. En primer lugar, Lenin ya señaló que se realizó una transición desde la idea de la materia como un conjunto de principios inmutables, hasta la

[17] Véase V. Lenin, *ob. cit.*, t. XIV, pág. 349.

noción dialéctica de la misma, considerándola en su desarrollo, en su inagotable profundidad. La física moderna confirmó en todo esta idea leninista, demostrando experimentalmente la naturaleza inagotable del electrón. También ha sido confirmada por el desarrollo de la cibernética, la cual reveló las propiedades "insólitas" de los sistemas dinámicos complejos.

En segundo lugar, Lenin desarrolló el concepto de materia, formulando la genial hipótesis sobre la propiedad del reflejo, inherente a todos los estados de la materia. En la actualidad, cuando las conexiones de información se tornan cada vez más escenciales, la cibernética trasforma efectivamente la hipótesis filosófica leninista en un hecho científico-natural.

En tercer término, la generalización del concepto de materia no sólo se relaciona actualmente con el hecho de revelar la importancia, el carácter esencial de las conexiones de información lo cual resume la idea filosófica del mundo como un todo único y coherente; dicha generalización también se funda en que pasa al primer plano la categoría de la relación, la estructura, y no el sustrato sustancial. Los dos aspectos de la cuestión, que descansan en las conquistas de la cibernética, contribuyen a desarrollar la doctrina materialista dialéctica sobre la unidad del mundo.

Generalizar esta doctrina de acuerdo con los elementos de las ciencias naturales contemporáneas implica una importante tarea metodológica de la historia del conocimiento en su etapa actual. Es la tarea de estructurar la imágen contemporánea única del universo. En este sentido es de suma importancia la alianza de la física del microcosmos y la cibernética, que se funda en la "física del reflejo".

El monismo materialista dialéctico es la estrella polar para elaborar la imagen contemporánea única del universo, un importante instrumento teórico para superar las dificultades que se interponen en este camino.

El futuro desarrollo de la ciencia sobrepasará, por cierto, los límites de la imagen única del mundo que se está creando ahora ante nuestros ojos, y exigirá una generalización de la misma. Pero la imagen que se está formando, será, sin duda, un importante hito en el complicado y difícil camino del conocimiento del mundo por el hombre.

CONCLUSION

Para terminar, vamos a formular algunas conclusiones.

Hemos visto que las tentativas de interpretar con espíritu idealista las conquistas de la cibernética no tienen el menor fundamento. El desarrollo de esta joven ciencia vuelve a refutar las ideas positivistas de que para las ciencias naturales son innecesarias las concepciones filosóficas generales sobre el universo en su conjunto, y al mismo tiempo revela la absoluta falta de fundamento y el error de abordar en forma dogmática la interpretación filosófica de los datos reunidos por las ciencias naturales.

Los grandes investigadores no pueden dejar de plantear cuestiones filosóficas al estudiar los problemas más especializados de la cibernética. Sin embargo, con frecuencia se observa una muy aleccionadora contradicción y falta de consecuencia en las ideas filosóficas que sostienen algunos destacados científicos contemporáneos de los países capitalistas; éste es el caso de los célebres representantes de la cibernética N. Wiener y W. Ashby.

Esto pone de manifiesto una vez más que la nueva ciencia no puede fundarse en otra base teórica que no sea la filosofía materialista dialéctica. Al caracterizar la base de la cibernética desde el punto de vista de la concepción del mundo, el académico A. J. Berg destaca lo siguiente: "El desarrollo de la escuela materialista soviética de la cibernética tiene como base las investigaciones en el campo de las ideas metodológicas y filosóficas de la ciencia de control automático" [1].

El surgimiento y desarrollo de la cibernética es un auténtico salto revolucionario en el proceso cognoscitivo de la humanidad, que conduce hacia nuevos y magníficos triunfos del materialismo dialéctico, la única filosofía científica.

1 *Pravda*, 10 de noviembre de 1961.

En este plano desempeña un importante papel la tesis analizada en nuestro trabajo, según la cual la idea leninista sobre la propiedad del reflejo, inherente a la materia, es el fundamento teórico para toda la investigación filosófica con relación a las conquistas de la cibernética.

Hemos analizado la gran importancia de la cibernética para el desarrollo del conocimiento humano y la vida social. En el globo terrestre hay ahora algunas decenas de millares de máquinas electrónicas modernas, pero pronto serán millones y mejorarán notablemente sus cualidades: rapidez, seguridad, tamaño reducido. Los datos ya existentes sobre el papel de las máquinas cibernéticas permiten concluir que en el futuro su aplicación en masa provocará, en todos los aspectos de la actividad humana (sobre todo en la actividad intelectual), una trasformación de consecuencias no inferiores en importancia a las que produjera la aplicación de las máquinas que remplazaron el trabajo manual. Por lo demás como ya lo señaláramos, las perspectivas para aplicar las conquistas de la cibernética dependen de la naturaleza del régimen social. Al caracterizar el conflicto irremediable que afronta el capitalismo, en la etapa imperialista, con motivo de la automatización los investigadores franceses C. Vincent y V. Grossens escriben lo siguiente: "Para el capitalismo la automatización es una amenaza social, pero renunciar a ella implica la amenaza económica; todo el problema del mundo capitalista se encierra en esta contradicción, de la cual quieren librarlo estableciendo controles sobre el desarrollo de la automatización. No obstante las contradicciones acumuladas no pueden resolverse con el toque de una varita mágica, por la intervención del Estado, que se encuentra al servicio de los capitalistas" [2].

Al observar la situación contradictoria de la cibernética en el régimen capitalista, Wiener escribía: "Esta nueva ciencia [...] logra realizaciones técnicas que crean [...] gigantescas posibilidades, tanto para el bien como para el mal". Reconoce que "hay una sola solución: construir una sociedad fundada en valores humanos, distintos de la compra y la venta" [3].

Para resumir el análisis de las conclusiones metodológicas vinculadas con el desarrollo de la cibernética, debemos destacar que en nuestra época observamos un gigantesco fortalecimiento del papel correspondiente a la actividad creadora, considerada desde el

[2] C. Vincent, V. Grossens, *El camino de la automatización*, Moscú, 1959, pág. 169.

[3] N. Wiener, *Cibernética*, págs. 44, 45.

ángulo subjetivo, y, al mismo tiempo, un conocimiento cada vez más profundo de los procesos objetivos de la realidad.

El desarrollo de la formación comunista abre perspectivas verdaderamente inconmensurables para el desarrollo de la cibernética, como de todas las ciencias. "Los éxitos de la ciencia soviética —se afirma en el Programa del PCUS— son una brillante manifestación de la superioridad del régimen socialista y muestran las ilimitadas posibilidades que el socialismo ofrece para el progreso de la ciencia y la elevación de su papel"[4].

Nuestro pueblo, que ahora está trasformando en realidad los grandiosos planes trazados por el Programa del PCUS, lucha por realizar los dos aspectos indisolubles de una sola tarea histórico-mundial: construir el comunismo en nuestro país y defender la paz en el mundo entero. "El programa de la construcción del comunismo —decía N. S. Jruschov en el XXII Congreso, durante su informe sobre el Programa del PCUS— es al mismo tiempo el programa histórico-mundial para fortalecer la paz y la seguridad internacional"[5].

La lucha por el comunismo y por la paz es la expresión más grandiosa, incomparable por su magnitud, de la actividad creadora y ordenadora de las masas trabajadoras.

Inspiradas por el Programa del PCUS, las masas trabajadoras de nuestro país, que avanzan hacia el comunismo bajo la dirección del partido, realizan su misión histórico-mundial.

4 *Programa del PCUS*, ed. cit., pág. 420.

5 N. S. Jruschov, *Sobre el Programa del Partido Comunista de la Unión Soviética. Informe al XXII Congreso del Partido Comunista de la Unión Soviética*, presentado el 18 de octubre de 1961, Editorial Política del Estado, pág. 114.

BIBLIOGRAFIA

L. A. Abramian, *Señal y reflejo condicionado,* Erevan, 1961.

P. K. Anojin, "Fisiología y cibernética", *Voprosi filosofi,* 1957, núm. 4.

P. K. Anojin, "Reflejo adelantado de la realidad", *Voprosi filosofi,* 1962, núm. 7.

M. N. Andriushenko, "Algunos problemas filosóficos de la cibernética", *Ciencias filosóficas,* 1959, núm. 3.

E. A. Arab-Ogli, "Autobiografía de Norbert Wienert", *Voprosi filosofi,* 1960, núm. 3.

I. Averham, *Automatización y sociedad,* Moscú, 1960.

L. B. Bayenov, "Comentario sobre el libro de L. Brillouin 'Ciencia y teoría de la información'", *Voprosi filosofi,* 1961, núm. 8.

M. S. Bartlett, *Introducción a la teoría de los procesos aleatorios,* Moscú, 1958.

A. I. Berg, "Sobre ciertos problemas de la cibernética", *Voprosi filosofi,* 1960, núm. 5.

A. I. Berg, "La cibernética y ciertos problemas de la dirección de la economía nacional", *Voprosi filosofi,* 1961, núm. 2.

A. I. Berg, "Ciencia de las máximas posibilidades", *Piroda,* 1962, núm. 7.

A. I. Berg, "Electrónica y cibernética", *Informaciones de los institutos de enseñanza superior,* serie *Radiotécnica,* 1960, núm. 1.

I. S. Beritov, "Características y origen de los movimientos voluntarios en los vertebrados superiores", *Revista de la actividad nerviosa superior, I. P. Pávlov,* t. XII, núm. 2 (1962).

N. A. Bernstein, "Nuevas líneas del desarrollo en fisiología y su correlación con la cibernética", *Voprosi filosofi,* 1962, núm. 8.

B. V. Biriukov, "Resumen de la conferencia sobre problemas filosóficos de la cibernética", *Voprosi filosofi,* 1962, núm. 11.

B .V. Biriukov, "Automatización y sociedad", *Boletín de historia de la cultura mundial,* 1959, núm. 4.

B. V. Biriukov, A. A. Konondliankin, "Desarrollo de las ideas lógico-matemáticas como elemento de preparación histórica de la cibernética", *Boletín de historia de la cultura mundial,* 1961, núm. 6.

S. N. Braines, A. V. Napalkov, "Algunos problemas de la teoría de los sistemas autodirigidos", *Voprosi filosofi,* 1959, núm. 6.

S. N. Barines, A. V. Napalkov, B. B. Svachinski, *Neurocibernética,* Moscú, 1962.

Ion. N. Belenski, "Cibernética y ciertos problemas de la fisiología y la psicología", *Voprosi filosofi,* 1957, núm. 3.

V. A. Bokarev, "¿Puede pensar la máquina?", *Voprosi filosofi,* 1961, núm. 10.

E. Berkeley, *Lógica simbólica y máquinas racionales,* Moscú, 1961.

L. Brillouim, *Ciencia y teoría de la información*, Moscú, 1960.

L. Brillouin, "Termodinámica, estadística e información", *Progresos de las ciencias físicas*, t. LXXVII, núm. 2.

R. Bush, F. Mosteller, *Modelos estocásticos de aprendizaje*, Moscú, 1962.

K. Bensan, V. Grossen, *El camino de la automatización*, Moscú, 1959.

N. Wiener, *Cibernética, o dirección y conexión en el animal y la máquina*, Moscú, 1958.

N. Wiener, "Cibernética y sociedad", *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 7.

N. Wiener, "Coloquio en la redacción de la revista 'Voprosi filosofi'", *Voprosi filosofi*, 1960, núm. 9.

N. Wiener, "Entrevista concedida a la revista 'Priroda'", 1960, núm. 8.

N. Wiener, A. Rosenblut, "Trasmisión del impulso en el músculo cardíaco", *Recopilación de cibernética*, 1961, núm. 3.

M. G. Gaaze-Rapoport, *Autómatas y organismos vivos*, Moscú, 1961.

I. M. Helfand, M. L. Zeitlin, "Algunos procedimientos para dirigir sistemas complejos", *Progresos de las ciencias matemáticas*, t. XVII, núm. 2.

I. I. Halperin, "Naturaleza reflectoria de las máquinas de dirección", *Voprosi filosofi*, 1957, núm. 4.

M. Goncharenko, *La cibernética en la actividad militar*, Moscú, 1960.

Harry H. Grud, Robert Mc Call, *Sistemotécnica*, Moscú, 1962.

P. I. Guliaev, *Procesos eléctricos de la corteza cerebral del hombre*, Leningrado, 1960.

V. M. Glushkov, "Cibernética y pensamiento", *Voprosi filosofi*, 1963, núm. 1.

V. M. Glushkov, "Teoría abstracta de los autómatas", *Progresos de las ciencias matemáticas*, t. XVI, núm. 5.

B. V. Gnedenko, "Matemáticas del mundo circundante", *Ciencia y vida*, 1962, núm. 8.

P. I. Guliaev, *Cibernética y fisiología*, Leningrado, 1958.

P. I. Guliaev, *Cerebro y máquina electrónica*, Leningrado, 1960.

E. J. Himmelschteib, "Algunas conquistas de la cibernética", *Ciencias filosóficas*, 1962, núm. 3.

B. J. Gurevich, "Autómatas 'racionales' y funciones superiores del cerebro", *Voprosi psicologui*, 1959, núm. 4.

V. B. Davenport, V. L. Rut, *Introducción a la teoría de las señales aleatorias y ruidos*, Moscú, 1960.

M. N. Dolujanov, *Introducción a la teoría de la trasmisión por canales eléctricos de comunicación*, Moscú, 1955.

A. G. Ivajnenko, *Cibernética técnica*, Kiev, 1959.

V. A. Kotelnokov, "Sobre la capacidad de rendimiento del 'éter' y el alambre en las comunicaciones eléctricas", *Materiales para el I Congreso sobre problemas de la reconstrucción técnica de las comunicaciones*, Moscú, 1933.

A. N. Kolmogórov, "Teoría de la trasmisión de informaciones", *Sesiones de la Academia de Ciencias de la URSS sobre problemas científicos de la automatización de la producción*, t. I. Moscú, 1957.

A. N. Kolmogórov, "Sobre el concepto de logaritmo", *Progresos de las ciencias matemáticas*, t. VIII, núm. 4.

A. N. Kolmogórov, "Autómatas y vida" (informe), *Ciencia y vida*, 1961, núms. 10-11.

A. N. Kolman, "¿Qué es la cibernética?", rec. *Problemas filosóficos de las ciencias naturales contemporáneas*, Moscú, 1955.

P. V. Kopnin, "Concepto de pensamiento y cibernética", *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 2.

P. Cossa, *Cibernética*, Moscú, 1958. (Ed. fr. *La Cybernétique*, Ed. Masson y Cia., París, 1957).

M. P. Kotov, *¿Qué es la cibernética?*, Irkutsk, 1961.

N. E. Kobrinski, B. A. Trajtenbrot, *Introducción a la teoría de los Autómatas finitos*, Moscú, 1962.

L. P. Kraizmer, *Cibernética técnica*, Moscú, 1958.

L. P. Kraizmer, *Bionika*, Moscú, 1962.

L. N. Landa, "Sobre el enfoque cibernético de la teoría del aprendizaje", *Voprosi filosofi*, 1962, núm. 9.

A. A. Liapunov, A. I. Kitov, "La cibernética en la técnica y la economía", *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 9.

G. G. Martins, "Dos comentarios sobre el aprendizaje de las máquinas" *Recopilación cibernética*, 1961, núm. 3.

V. D. Moiséiev, *Problemas de la cibernética en biología y medicina*, Moscú, 1960.

W. Mc Culloch y W. Pitts, "Cómputo lógico de ideas vinculadas con la actividad nerviosa", rec. *Autómatas*, Moscú, 1956.

P. O. Makarov, *Biofísica de la excitabilidad de los órganos de los sentidos*, Leningrado, 1961.

A. I. Mijailov, "Progreso técnico y tareas de la información científica", *Boletín de la Academia de Ciencias de la URSS*, 1962, núm. 2.

Kelvin N. Moors, "Investigación informativa en los próximos 20 años", *Información técnico-científica*, 1962, núm. 1.

A. B. Napalkov, "Resumen de la conferencia sobre el aprendizaje de los autómatas", (10-15, IV. 1961), *Voprosi psicologui*, 1962, núm. 1.

J. Neumann, "Teoría general y lógica de los autómatas". En el libro de A. Turing, *¿La máquina puede pensar?*, Moscú, 1960.

J. Neumann, "Máquina computadora y cerebro", *Recopilación cibernética*, 1960, núm. 1.

I. B. Novik, "Lenin y la unidad material del mundo", en la rec. *La gran obra del materialismo militante*, Moscú, 1959.

I. B. Novik, "Dos folletos populares sobre cibernética", *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 8.

I. B. Novik, "Sobre ciertos problemas metodológicos de la cibernética", En la rec. *La cibernética al servicio del comunismo*, Moscú-Leningrado, 1961.

I. B. Novik, "Entropía negativa y cantidad de información", *Voprosi filosofi*, 1962, núm. 6.

I. B. Novik, "La modelación en la teoría de las partículas elementales" (en prensa). En la rec. *Problemas filosóficos de la teoría de las partículas elementales.*

I. B. Novik, "El enfoque cibernético en las ciencias sobre la Tierra" (en prensa). Rec. *Unidad de las ciencias sobre la Tierra.*

V. V. Parin, "Cibernética en fisiología y medicina", *Voprosi filosofi* 1961, núm. 10.

V. V. Parin, "Matemáticas de la vida", *Priroda*, 1962, núm. 7.

J. Pierce, *Electrones, ondas y comunicaciones*, Moscú, 1961.

I. A. Poletaiev, *Señal*, Moscú, 1950.

L. S. Pontriaguin, V. G. Boltianski, R. V. Gamkrelidze, E. F. Mishenko, *Teoría matemática de los procesos óptimos*, Moscú, 1961.

D. Poin, *Matemáticas y razonamientos verosímiles*, Moscú, 1957.

G. N. Povarov, "La lógica al servicio de la automatización y el progreso técnico", *Voprosi filosofi*, 1959, núm. 10.

G. N. Povarov, "Nueva concepción de la cibernética", *Priroda*, 1960, núm. 10.

B. N. Petrov, "Tendencias principales en el desarrollo de la teoría de la regulación y dirección automáticas", *Sesiones de la Academia de Ciencias de la URSS sobre problemas de la automatización de la producción*, t. II, Moscú, 1958.

L. A. Petrushenko, "El principio de retroacción y su importancia filosófica", *Boletín de la U. E. de Leningrado*, 1960, núm. 17.

V. I. Roguinski, A. Uimov, E. Uiómova, *Máquina y pensamiento*, Moscú, 1960.

V. I. Roguinski, "Problemas científicos de la construcción de un sistema único para trasmitir informaciones", *Boletín de la Academia de Ciencias de la URSS*, 1962, núm. 1.

V. I. Siforov, "Tendencias generales del desarrollo de las ciencias naturales contemporáneas", *Voprosi filosofi*, 1963, núm. 4.

V. I. Siforov, G. B. Linkovski, "La contabilidad en la naturaleza viviente", *Priroda*, 1962, núm. 7.

B. F. Semkov, "Sobre la interacción de las ciencias que estudian los fenómenos de la vida", *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 12.

S. L. Sobolev, A. I. Kitov, A. A. Liapunov, "Rasgos fundamentales de la cibernética", *Voprosi filosofi*, 1955, núm. 4.

S. L. Sobolev, A. A. Liapunov, "Cibernética y ciencias naturales", *Voprosi filosofi*, 1958, núm. 5.

I. I. Sokolovski, *Cibernética del presente y del futuro*, Járkov, 1959.

A. L. Subbotin, "La lógica matemática, etapa en el desarrollo de la lógica formal", *Voprosi filosofi*, 1960, núm. 9.

V. V. Solodovnikov, *Algunos rasgos de la cibernética*, Moscú, 1956.

Tarian Redzge, "Problemas de la cibernética", *Priroda*, 1959, núm. 6

L. P. Teplov, *Ensayo sobre la cibernética*, Moscú, 1959.

K. S. Trincher, "Existencia y evolución de los seres vivos y segunda ley de la termodinámica", *Voprosi filosofi*, 1962, núm. 6.

J. Truxell, *Síntesis de los sistemas de regulación automática*, Moscú, 1959.

V. S. Triujin, "Sobre la esencia del reflejo", *Voprosi filosofi*, 1962, núm. 5.

A. Turing, *¿Puede pensar la máquina?*, Moscú, 1960.

B. S. Ukraintsev, "Sobre la esencia del reflejo elemental", *Voprosi filosofi*, 1960, núm. 2.

B. S. Ukraintsev, "Información y reflejo", *Voprosi filosofi*, 1963, núm. 2.

A. I. Uiómov, "Algunas tendencias en el desarrollo de las ciencias naturales", *Voprosi filosofi*, 1961, núm. 8.

J. Wiler, *Problemas económicos de la automatización en los EE. UU.*, Moscú, 1962.

A. Fainstein, *Bases de la teoría de la información*, Moscú, 1960.

A. A. Feldbaum, "Teoría de la dirección dual, I, II, III, IV", *Automática y telemccánica*, t. 21, núms. 9, 11, 1960; t. 22, núms. 1, 2, 1961.

R. A. Fischer, *Métodos estadísticos para el invcstigador*, Moscú, 1958.

F. L. Fridlender, L. A. Zeitlin, *Computadoras electrónicas*, Moscú, 1961.

A. A. Jarkievich, *Esbozo de una teoría general de las comunicaciones*, Moscú, 1955.

A. A. Jarkievich, "Sobre el valor de la información", *Problemas de cibernética*, 1961, núm. 4.

A. A. Jarkievich, "Problemas de teoría de la información en la automatización", *Sesiones de la Academia de Ciencias de la URSS sobre problemas de la automatización de la producción*, T. II. Moscú, 1957.

G. F. Jillmin, "Teoría de la información y ecología de los animales", *Voprosi filosofi*, 1957, núm. 4.

A. I. Jinchin, "Concepto de entropía y teoría de las probabilidades", *Progresos de las ciencias matemáticas*, T. VIII, núm. 3.

A. I. Jinchin, "Teoría de las frecuencias de R. Mises e ideas modernas sobre teoría de las probabilidades", *Voprosi filosofi*, 1961, núms. 1 y 2.

P. Hammond, *Teoría de la retroacción y su aplicación*, Moscú, 1961.

A. V. Jramoi, *Esbozo de historia del desarrollo de la automatización en la URSS (antes de Octubre)*, Moscú, 1956.

M. L. Zeitlin, "Conducta de los autómatas finitos en medios aleatorios", *Automática y telemecánica*, T. 22, núm. 10, 1961.

Tsian Siu-sen, *Cibernética técnica*, Moscú, 1956.

C. Shannon, Weaver, *Teoría de la trasmisión de señales eléctricas en presencia de ruidos*, Moscú, 1953.

S. M. Shaliutin, "Algoritmos y posibilidades de la cibernética", *Voprosi filosofi*, 1962, núm. 6.

S. K. Shauman, "Las ideas filosóficas de Lenin y el desarrollo de la lingüística moderna", *Boletín del Instituto de estudios eslavos*, 1961, núm. 31.

V. Tsiullsdorf, *Bases del control automático*, Moscú, 1960.

W. Ashby, *Introducción a la cibernética*, Moscú, 1958.

W. Ashby, *Estructura del cerebro*, Moscú, 1962.

W. Ashby, "Aplicación de la cibernética en biología y sociología", *Voprosi filosofi*, 1958, núm. 12.

W. Ashby, "¿Qué es la máquina pensante?", *Radioelectrónica en el extranjero*, 1962, núm. 3.

B. Iakushev, "Comentario sobre el libro de N. Wiener «Cibernética y sociedad»", *Boletín de historia de la cultura mundial*, 1958, núm. 6.

Recopilaciones

Autómatas, de C. Shannon y J. McCarthy, Moscú, 1956.

Regulación automática, del prof. V. V. Solodovnik, Moscú, 1961.

Optimación automática de sistemas de dirección, del acad. B. Petrov, Moscú, 1960.

La cibernética al servicio del comunismo, del académico A. I. Berg, Moscú-Leningrado, 1961.

"Aspectos biológicos de la cibernética", *Sesiones del departamento de ciencias biológicas de la Academia de Ciencias de la URSS*, Moscú, 1962.

Recopilación cibernética, núms. 1, 2, 3, 4, 5.

Problemas de cibernética, núms. 1, 2, 3, 4, 5.

Teoría de la trasmisión de comunicaciones, del miembro correspondiente de la Academia de Ciencias de la URSS V. I. Siforov, Moscú, 1957.

Teoría de la información y su aplicación, del miembro correspondiente de la URSS, A. A. Jarkievich, Moscú, 1959.

Problemas filosóficos de la cibernética, Moscú, 1961.

CYBERNETICS. *Transactions of the tenth conference*, N. York, 1955.

Iliev Maxim, *Cibernética*, Sofía, 1960.

G. Klaus, *Kybernetik und philosophischer Sicht*, Berlín, 1961.

P. Latil, *Thinking by machine*, Londres, 1957.

T. Pávlov, *Teoría del reflejo y cibernética*, Sofía, 1959.

L. Szilard, *"Uber die Entropievermindcrung..."* ZEITSCHRIFT FUR PHISIK, 53 (840), 1929.

E. Wasmuth, *Der Mensch und die Denkmaschine*, Köln-Olten, 1955.

International congress on cybernetics, I-st, Namur, 1956.

INDICE

INTRODUCCION 7

Capítulo I. CIENCIA DE LOS SISTEMAS DE DIRECCION 13

1. Surgimiento de la cibernética 13
2. Caracteres generales de los problemas filosóficos de la cibernética 19
3. Dirección y optimación 26

Capítulo II. PROBLEMAS FILOSOFICOS DE LA TEORIA DE LA INFORMACION ..... 3'.

1. Teoría de la información 38
2. Naturaleza de la información 49
3. Algunas perspectivas del desarrollo de la teoría de la información 60

Capítulo III. NATURALEZA FUNCIONAL DE LA CIBERNETICA 79

1. Homeostasis y retroacción (*feed-back*) 80
2. Cibernética y métodos de los modelos 89

Capítulo IV. RELACION ENTRE EL HOMBRE Y LA MAQUINA CIBERNETICA 103

1. Pensamiento y trabajo de los dispositivos cibernéticos. 104
2. La cualidad esencial del hombre 120

Capítulo V. EL PAPEL DE LAS MAQUINAS CIBERNETICAS 131

1. Automatización y agravamiento de la crisis del capitalismo 132
2. Automatización y construcción del comunismo .. 142

Capítulo VI. CONCLUSIONES METODOLOGICAS 155

1. Objeto de la cibernética y su puesto en el sistema de los conocimientos científicos 155
2. La cibernética y la doctrina sobre la unidad material del mundo 163
3. Cibernética y dialéctica 165
4. La cibernética y ciertas características del conocimiento científico contemporáneo 179

CONCLUSION 187

BIBLIOGRAFIA SOBRE CIBERNETICA 191

Este libro se terminó de imprimir
el día 21 de junio de 1965 en
IMPRESIONES LA ESTRELLA
Lamadrid 360 - Buenos Aires

importantes de la cibernética, así como los de todas las ciencias naturales contemporáneas, pueden resolverse en forma consecuente, sólo sobre la base teórica de la filosofía materialista dialéctica.

Este libro adquiere especial importancia en esta época en que la ley del desarrollo social se basa en el hecho de que la humanidad va entrando en el período de una revolución técnico-científica, relacionada con el dominio de la energía nuclear, la conquista del cosmos, el desarrollo de la química, la automatización de la producción y otras importantísimas realizaciones de la ciencia y la técnica.

El libro interesa a vastos círculos de la intelectualidad científica y técnica, a todos los que sientan curiosidad por indagar en los problemas que surgen ante el nuevo mundo que crea la cibernética.

EDITORIAL PLATINA
Paso 424 - 6.° piso - Buenos Aires